

VŠB – Technická universita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování



Ustanovování kardanů

The Assembly of the Cardans

Student: Daniel KONEČNÝ
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. František HELEBRANT, CSc.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že se na mou bakalářskou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....
podpis studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Daniel KONEČNÝ
E. Rošického 949
Ostrava- Svinov
721 00

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KONEČNÝ, D. Ustavování kardanů. Ostrava: katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB- Technická universita Ostrava, 2009, 49 s. Bakalářská práce, vedoucí Helebrant, F.

Bakalářská práce se zabývá problematikou ustavování kardanových hřídelů, jako jednoho z klíčových problémů provozu rotujících pohonných jednotek. Tato problematika je velmi často v praktickém životě opomíjena, ačkoliv správné ustavení kardanové hřídele má lví podíl na životnosti strojních součástí, provozní spolehlivost a tím i na produkci.

Z těchto důvodů se Vás pokusím do této problematiky zasvětit. Ať už se bude jednat o teorii, návrh přípravku, či samotné praktické měření.

ANNOTATION OF THESIS

KONEČNÝ, D. The Assembly of the Cardans. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2009, 49 p. Thesis, head: Helebrant, F.

This Bachelor's thesis deals with the issue of fitting Cardan shafts in their proper position as one of the key problems connected with the operation of rotating driving units. This issue is often omitted in practice, even though the correct fitting of a Cardan shaft in its proper position plays a major role in the lifetime of machine parts, operational liability and thus production.

For these reasons, I will attempt to introduce this topic, covering the theory, the design of a fixture and measurement in practice.

Obsah

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	4
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	7
1 ÚVOD DO DANÉ PROBLEMATIKY	8
1.1 PROČ USTAVOVAT HŘÍDELE DO OSY.....	8
1.2 HISTORIE USTAVOVÁNÍ.....	9
1.3 LASER.....	9
1.3.1 HELIUM - NEONOVÝ LASER.....	10
1.3.2 POLOVODIČOVÉ LASERY.....	12
1.3.3 BEZPEČNOST LASERŮ	13
1.3.4 PSD DETEKTOR.....	13
1.4 KARDANY (KLOUBOVÉ HŘÍDELE).....	13
1.4.1 ÚHEL OHYBU KARDANU	14
1.4.2 USPOŘÁDÁNÍ SPOJOVACÍCH HŘÍDELÍ.....	15
1.4.3 KRITICKÉ OTÁČKY (PŘÍČNÉ VÍŘIVÉ OTÁČKY) A VYVAŽOVÁNÍ.....	16
1.4.4 MONTÁŽNÍ PŘEDPISY	16
1.5 USTAVOVÁNÍ HŘÍDELŮ DO OSY	17
1.5.1 ZÁKLADNÍ POJMY.....	17
1.5.2 DRUHY NESOUOSOSTI.....	18
1.5.3 ZNAMÉNKOVÁ KONVENCE PRO USTAVOVÁNÍ	20
1.5.4 STABILNÍ A NESTABILNÍ STROJE	21
1.6 USTAVOVÁNÍ POMOCÍ LASERŮ.....	22
1.6.1 METODY USTAVOVÁNÍ POMOCÍ LASERŮ	24
1.6.2 USTAVOVÁNÍ KARDANOVÝCH HŘÍDELŮ.....	27
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	30
2.1 NELASEROVÉ METODY USTAVOVÁNÍ	30
2.2 LASEROVÉ METODY.....	31
2.3 DÍLČÍ ZÁVĚR.....	31
3 NÁVRH ŘEŠENÍ.....	31

3.1	<i>NÁVRH MODELU PRO SIMULACI USTAVOVÁNÍ KARDANU</i>	32
3.2	<i>NÁVRH PŘÍPRAVKU.....</i>	34
3.3	<i>METODIKA MĚŘENÍ.....</i>	36
3.4	<i>DÍLČÍ ZÁVĚR.....</i>	37
4	METODIKA MOŽNÝCH LABORATORNÍCH ÚLOH.....	37
4.1	<i>ZADÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY.....</i>	37
4.2	<i>POSTUP MĚŘENÍ.....</i>	37
4.3	<i>DÍLČÍ ZÁVĚR.....</i>	38
5	PRAKTICKÉ MĚŘENÍ.....	38
5.1	<i>VSTUPNÍ PODMÍNKY MĚŘENÍ.....</i>	38
5.2	<i>VLASTNÍ MĚŘENÍ.....</i>	40
5.3	<i>DÍLČÍ ZÁVĚR.....</i>	45
	ZÁVĚR.....	47
	SEZNAM POŽITÝCH PRAMENŮ.....	48
	PŘÍLOHY	49

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK :

Symbol, zkratka	Vysvětlení	Jednotka
atd.	a tak dále	[-]
β	úhel ohybu kardanu	[°]
D	vnější průměr trubky	[cm]
d	vnitřní průměr trubky	[cm]
l	délka mezi spoji	[cm]
m	hmotnost spojovacího hřídele	[kg]
n	otáčky	[min ⁻¹]
např.	například	[-]
n_K	kritické otáčky	[min ⁻¹]
obr.	obrázek	[-]
tzv.	tak zvaná	[-]

1 ÚVOD DO DANÉ PROBLEMATIKY

Je zcela žádoucí, aby veškerá strojní zařízení pracovala s maximální provozní spolehlivostí. K docílení tohoto stavu u kloubových hřídelů je zapotřebí jejich precizního uložení. Správně uloženým kloubovým hřídelem docílíme perfektní funkčnosti, provozní spolehlivosti a prodloužené životnosti všech prvků daného uzlu (ložiska, těsnění, hřídele, spojky atd.).

1.1 *PROČ USTAVOVAT HŘÍDELE DO OSY*

Nesouosost rotačních strojů s sebou přináší celou řadu problémů. Ty se ve výsledku vždy projeví na finanční stránce věci. Nejen z tohoto důvodu je potřebné přesné ustavení hřídelů, což nám zaručí:

- minimalizaci opotřebení části spojek
- minimální namáhání hřídelů axiálními a radiálními silami
- zvýšení životnosti ložisek, těsnění atd.
- zvýšení kvality produkce
- malé energetické ztráty
- snížení vibrací
- menší ztráty maziva
- nedochází k nadměrnému zahřívání
- snížení nákladů

Naopak nesouosost se projeví přesným opakem:

- energetické ztráty
- zvýšené vibrace
- vyšší teplota
- kratší životnost ložisek, těsnění atd.
- snížením produkce
- snížením výrobní spolehlivosti

1.2 HISTORIE USTAVOVÁNÍ

Dá se říci, že ustavování doprovází lidstvo od samého počátku. Vývoj strojů a strojních součástí byl velmi rychlý a vyžadoval si čím dál větší nároky na preciznost výroby a utavení. První zmínky o matematice, geometrii, planimetrii pocházejí z Číny z roku 1000 před naším letopočtem. Avšak souosování a ustavování, jak jej známe v dnešní podobě se objevilo až v 19. století, např. r. 1863 Williamsův patent souosování hřídelů. Laserové systémy přišly na řadu až v 90. letech 20. století, kdy Heinrich Lysen patentuje souosovací systém laser – detektor.

1.3 LASER

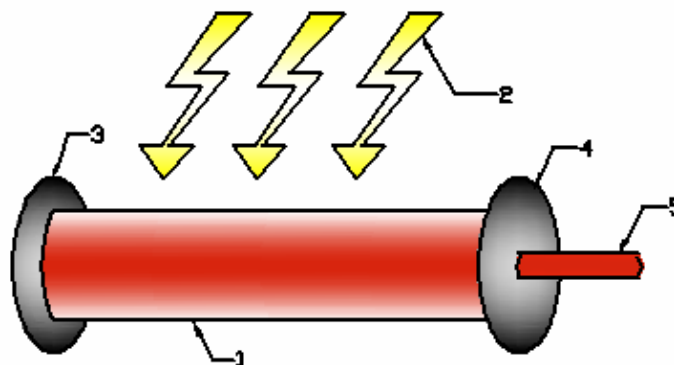
Laser je dnes velmi rozšířen ve všech oblastech a jeho využití je velmi rozsáhlé. Zmíníme třeba jenom lékařství, vojenský průmysl, geodézii a v neposlední řadě také strojírenský průmysl. Věnovat pozornost budu pouze použití laserové technologie ve velmi přesných měřicích zařízeních.

Laser jako slovo je složeninou anglického Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation. Je to optický zdroj, který vydává fotony v koherentním paprsku. Světlo laseru je monochromatickým zářením, tzn. že je jedné vlnové délky, kterou vyzařuje v úzkém paprsku obvykle viditelného (400 – 700nm) světla. První laser byl demonstrován v roce 1960.

Fyzikální princip je v podstatě u všech laserů stejný. Stručně popsáno, máme-li aktivní laserové médium, kterému budeme dodávat energii a ono ji bude absorbovat, dostanou se molekuly média do excitovaného (nabuzeného) stavu. Molekuly vibrují a při jejich vzájemných srážkách se energie excitované molekuly předá na molekulu vedlejší. Snahou molekul je jejich návrat do jejich původní polohy, která je pro ně stabilnější. Aby se tak stalo, musí se zbavit získané energie formou záření (emise).

Hlavní části laseru (obr. 1) :

1. Aktivní laserové médium
2. Dodávaná energie
3. Zrcadlo
4. Polopropustné zrcadlo
5. Laserový paprsek



Obrázek 1

Dle prostředí, ve kterém ke generaci laseru dochází, je můžeme dělit na:

- pevnolátkové
- plynové
- polovodičové
- kapalinové

Podle režimu činnosti:

- impulsní
- kontinuální

1.3.1 HELIUM - NEONOVÝ LASER

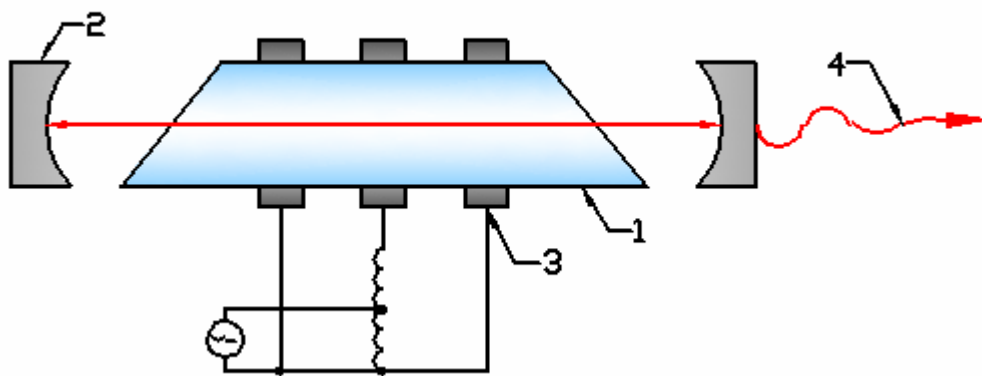
Helium - Neonový laser byl do konce minulého století v průmyslu nejvyužívanější pro jeho malou divergenci paprsku (rozbíhavost), vysokou stabilitu frekvence a naprostou rovnoběžnost vycházejícího paprsku s osou rezonátoru. Pro problematiku ustavování

generujeme nejčastěji červené světlo vlnové délky 632,8 nm. Plynové lasery mají velkou účinnost, protože přeměna elektrické energie ve výboji je hospodárná.

Helium – neonový laser je tvořen dlouhou skleněnou trubicí obsahující směs helia a neonu. Energii molekulám dodává elektrický výboj pomocí vysokofrekvenčních prstencových budících elektrod. Přičemž se atomy helia budí do vyšších energetických stavů. Tyto atomy pak při srážkách předávají energii atomům neonu. Abychom docílili polarizovaného světla, je nutné, aby konce trubice byly skloněny pod Brewsterovým úhlem. Celá trubice je uložena mezi kulovými zrcadly vnějšího rezonátoru. Jedno ze zrcadel je polopropustné z důvodu průchodu paprsku. Takto vygenerovaný laser je kontinuální, nebo-li pracuje v trvalém režimu.

Hlavní části HeNe laseru (obr. 2) :

1. Skleněná trubice s aktivním prostředím
2. Zrcadla
3. Budící elektrody
4. Laserový paprsek



Obrázek 2

1.3.2 POLOVODIČOVÉ LASERY

Polovodičové lasery velmi omezily a v některých odvětvích vytlačili lasery pevnolátkové a Helium – neonové. Důvodem byla jejich malá velikost a nižší cena. Vyrábí se v různých výkonech a barevných spektrech.

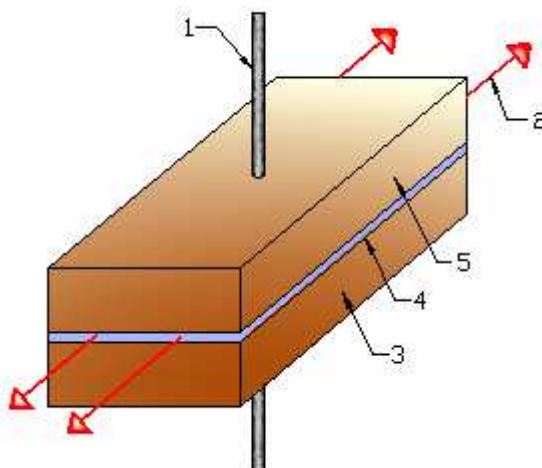
Jak už napovídá název, polovodičový laser využívá P–N přechodu v propustném směru, kterým prochází elektrický proud. Ve velmi tenké oblasti P–N přechodu (přibližně 1 μm) jímž necháme protékat proud v propustném směru, začne probíhat za pomoci snížení potenciálové bariéry injekce minoritních nosičů proudu. Abychom se dostali do oblasti laseru, musí být splněny dvě podmínky:

- musí dojít ke vzniku inverzní poluce hladin - nejčastěji ji dosáhneme požitím silně legovaných polovodičů
- kladná zpětná vazba – dosáhneme ji tak, že krystal polovodiče obsahující P-N přechod opracujeme do tvaru hranolu, jehož čelní stěny jsou kolmé na vrstvu P-N přechodu, čímž vytvoříme Fabryho – Perotův rezonátor. Světelné paprsky v rovině přechodu se díky odrazům budou zesilovat.

Je zřejmé, že zhotovení tohoto typu laseru klade velmi vysoké nároky na kvalitu krystalu, a technologii výroby. Chceme-li docílit kontinuálního provozu polovodičového laseru, je zapotřebí mít P-N přechod ve formě tzv. dvojité heterostruktury. Technologie dnešní doby nám umožňuje výrobu i mnohem složitějších struktur, než je ta výše uvedená. Takovým laserům říkáme také injekční laser nebo laserová dioda.

Hlavní části polovodičového laseru (obr. 3) :

1. Elektrické přívody
2. Fotony
3. Oblast N
4. Přechod
5. Oblast P



Obrázek 3

1.3.3 BEZPEČNOST LASERŮ

Lasery klasifikujeme do sedmi bezpečnostních tříd. Pro názornost laserová ukazovátka, CD přehrávače a podobná technika spadá do třídy 1 – 2M. Lasery používané ve strojírenském průmyslu pro měřicí účely jsou většinou bezpečné. Je ovšem velmi důležité nevystavovat oči laserovému paprsku, protože je na sítnici soustředěn do velmi malého bodu a během několika sekund může způsobit její spálení a trvalé poškození zraku.

1.3.4 PSD DETEKTOR

Position Sensitive Detector je používán k zachycení polohy příchozího laserového paprsku. Tuto polohu přemění v elektrický náboj a ten transformujeme na dále zpracovávaný elektrický signál.

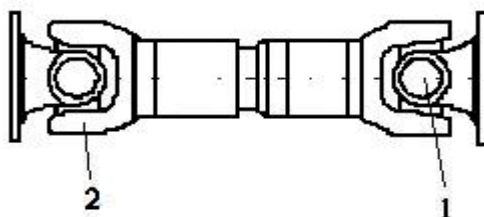
1.4 KARDANY (KLOUBOVÉ HŘÍDELE)

Kardany jsou jediné prvky umožňující přenos točivého momentu mezi prostorově přesazenými hřídeli hnacího a hnaného stroje. Dále umožňují změnu jejich polohy během

provozu. Karbanův kloub se skládá ze dvou vidlic s oky pro čepy spojovacího kříže viz. obr. 4.

Hlavní části kardanu :

1. Čep spojovacího kříže
2. Vidlice s oky



Obrázek 4

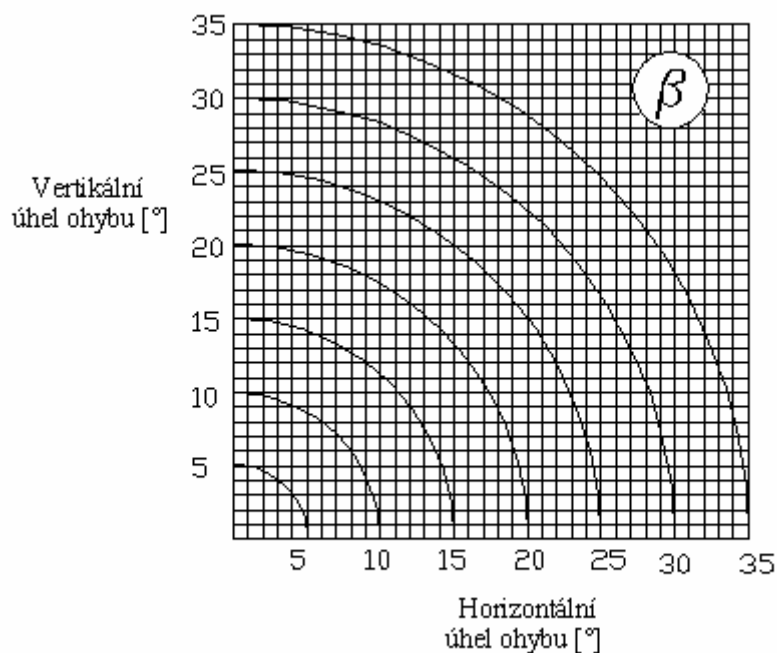
1.4.1 ÚHEL OHYBU KARDANU

Úhel ohybu kardanu značený β může být měnný či konstantní. Kardany jsou konstruovány tak, že by úhel β měl mít vždy hodnotu mezi maximem a minimem udávaného výrobcem. Všeobecně však platí, že se snažíme úhel β mít co nejmenší. Jeden z hlavních důvodů je snížení doby životnosti spojů s valivými ložisky o polovinu s každými pěti stupni úhlu β . Nastane-li stav, že úhel β je ve vertikální β_V a horizontální β_H rovině současně, pak je třeba spočítat výsledný úhel β . Ten může být odečten z grafu, což je pro většinu případů postačující, nebo přesně vypočítán.

Vzorec pro výpočet úhlu β :

$$\beta = \sqrt{\tan^2 \beta_H + \tan^2 \beta_V} \quad (1) \dots [11]$$

Graf pro odečtení úhlu β :



Pro chod kardanů s minimálním chvěním by měl být dodržený vztah:

$$n \cdot \beta \leq \frac{36000}{\sqrt[6]{m}} \quad (2) \dots [11]$$

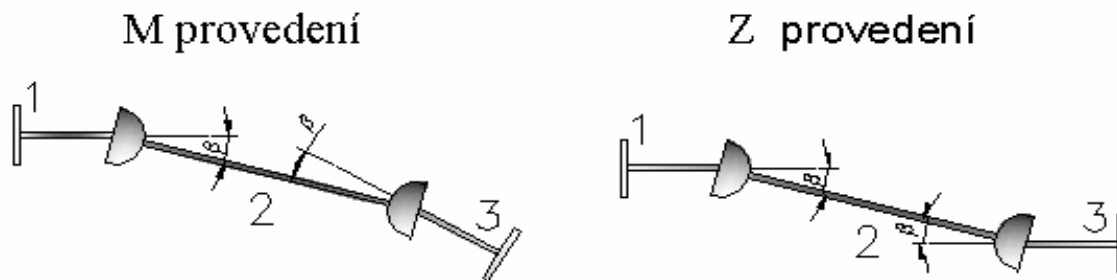
n jsou otáčky [min^{-1}]

β úhel ohybu [$^\circ$]

m hmotnost [kg]

1.4.2 USPOŘÁDÁNÍ SPOJOVACÍCH HŘÍDELÍ

Uspořádání kardanu může být provedeno jako M či Z (obr. 5), oboje mají stejnou kinematickou hodnotu. Osy hřídelů 1, 2 a 3 mohou ležet v jedné rovině, což zajistí shodné úhly $\beta_1 = \beta_2$. Samozřejmě může nastat situace, kdy tomu tak není a osy hřídelů 1, 2 a 3 leží v různých rovinách. Pak musí být dosaženo stejných prostorových úhlů. Jednoznačně můžeme říci, že snahou je mít oba úhly shodné. V některých případech jsou shodné úhly nedocílitelné, pak je řešením rozhodnutí, jestli daný stupeň úhlové nepravidelnosti budeme tolerovat.



Obrázek 5

1.4.3 KRITICKÉ OTÁČKY (PŘÍČNÉ VÍŘIVÉ OTÁČKY) A VYVAŽOVÁNÍ

Každá spojovací hřídel má své kritické otáčky, ke kterým nesmí za jejího provozu dojít. Tyto otáčky se dají lehce vypočítat uvedeným vztahem. Ve finále by otáčky spojovacího hřídele měly být nižší, než je 80% hodnoty otáček kritických.

$$n_K = 0,9 \cdot n^7 \cdot \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{l^2} \quad (3) \dots [11]$$

n_K	kritické otáčky [min^{-1}]
n	otáčky kardanu [min^{-1}]
D	vnější průměr trubky [cm]
d	nitřní průměr trubky [cm]
L	vzdálenost mezi spoji [cm]

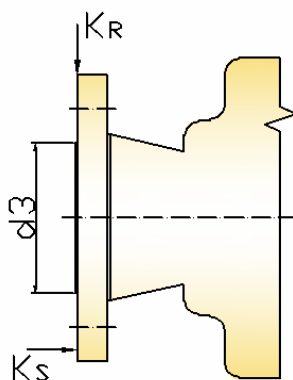
Pro nízké otáčky je třeba vyvážit kloubové hřídele staticky. Většinou se ovšem vyvažují dynamicky, což zajistí klidný chod, minimalizuje zatížení od odstředivých sil. Dle ČSN ISO 1940 je vyvažování provedeno ve dvou kategoriích. G16 pro speciální použití a G40 pro obecné použití.

1.4.4 MONTÁŽNÍ PŘEDPISY

Veškeré spojovací hřídele jsou dodávány se základním ochranným nátěrem. Ten může způsobit nepřesnosti při montáži, proto jej důkladně odstraníme ještě před uložením kloubového hřídele. Radiální a axiální odchylky viz obr.6.

Tabulka tolerancí :

Otáčky n [min^{-1}]	Lícování pro d_3	Radiální odchylka K_R [mm]	Axiální odchylka K_S [mm]
do 500	h8	0,15	0,18
500 – 3000	h7	0,08	0,10
nad 3000	h6	0,05	0,07



Obrázek 6

1.5 USTAVOVÁNÍ HŘÍDELŮ DO OSY

Předtím, než začnu hovořit o ustavování kardanových hřídelí a vůbec o ustavování jako takovém, je třeba uvést pár základních pojmů a věcí, bez kterých se v dalších odstavcích nebudeme orientovat.

1.5.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Střed rotace je osa, okolo které hřídele rotují. Tvoří ji přímka.

Souosost je stav, kdy osy rotace dvou a více hřídelů tvoří jednu přímku.

Nesouosost je stav, kdy osy rotace hřídelů netvoří jednu přímku.

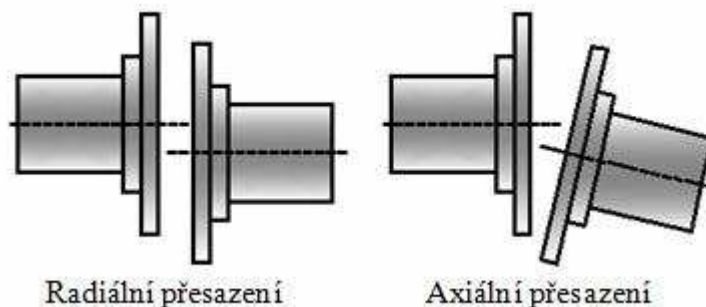
Stacionární stroj je strojem pevným, nepohyblivým. Jeho střed rotace je označován jako nula a tím je pro nás výchozím bodem pro ustavování.

Pohyblivý stroj je strojem, jenž se dá posouvat, a tím docílit souososti vůči stroji stacionárnímu.

1.5.2 DRUHY NESOUOSOSTI

Rozeznáváme dva druhy nesouososti (obr. 7) ve dvou rovinách. Radiální přesazení nazývané posunutí a axiální přesazení nazývané úhlová nesouosost. Oba dva druhy nesouososti jsou měřeny v rovině vertikální a horizontální.

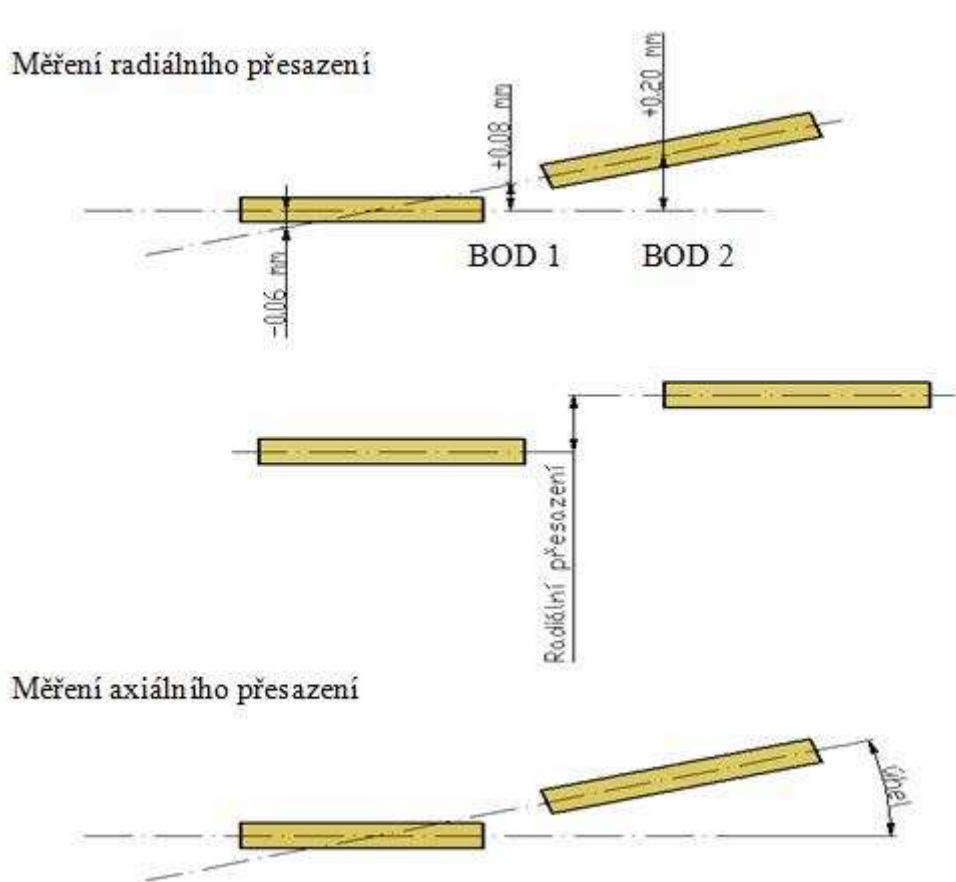
S jistou mírou nepřesnosti, avšak pro lepší pochopení, se dá říci, že vertikální rovina prochází osou rotace a je kolmá na povrch země. Horizontální rovina také prochází osou rotace, ale je se zemí rovnoběžná.



Obrázek 7

Radiální přesazení je vzdálenost mezi osou rotace stacionárního stroje a osou rotace pohyblivého stroje v rovině kolmé na osu rotace stacionárního stroje.

Axiální přesazení je úhel mezi osou rotace stacionárního stroje a osou rotace pohyblivého stroje viz obr.8.



Obrázek 8

Axiální přesazení se spočítá jako podíl rozdílů radiálního přesazení v bodě 1 a 2 k vzdálenosti mezi těmito body.

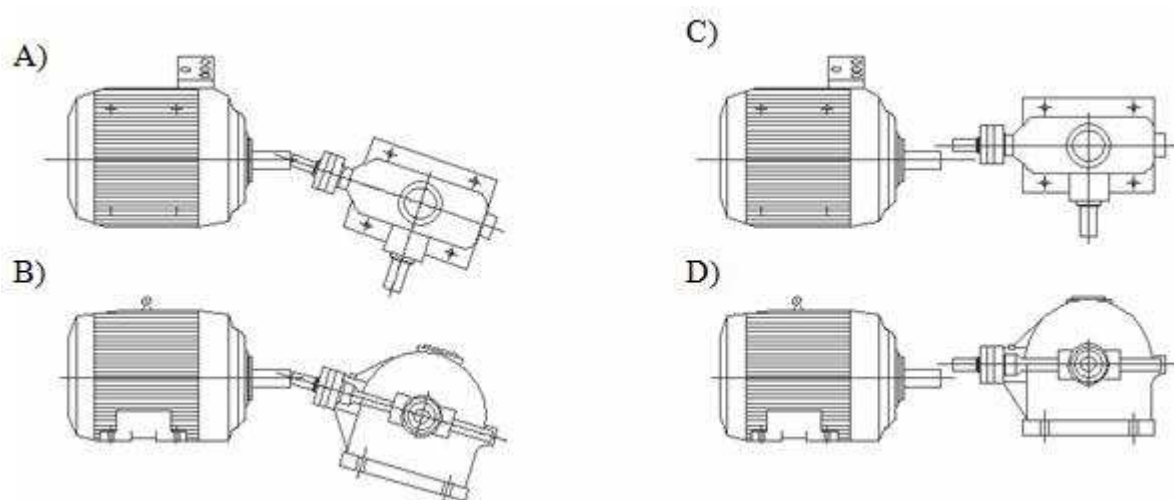
Příklad : Budou- li body 1 a 2 od sebe vzdáleny 250 mm, pak výsledné axiální přesazení bude

$$\frac{\text{Rozdíl hodnot bodů}}{\text{Vzdálenost mezi body}} = \frac{0,20 - 0,08}{250} = 0,00048 \text{ mm / mm}$$

což se nejčastěji zapisuje jako **0,048 mm/100 mm**

Radiální přesazení (posunutí) se udává v mm.

Varianty nesouososti jsou znázorněny na obr. 9 :

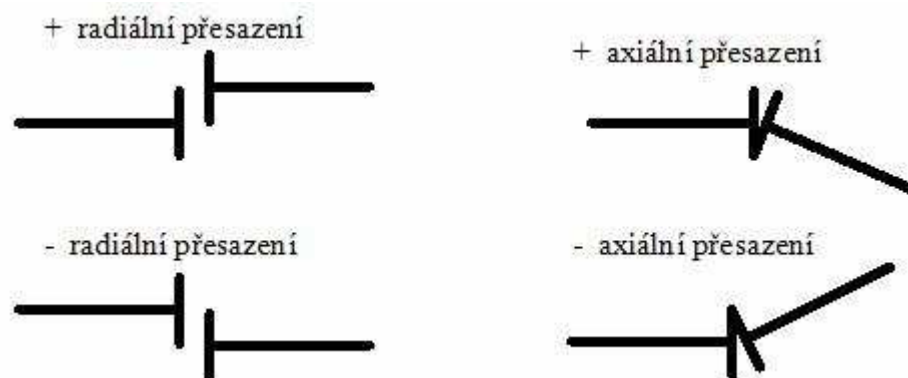


Obrázek 9

- A) Axiální přesazení ve vertikální rovině
- B) Axiální přesazení v horizontální rovině
- C) Radiální přesazení ve vertikální rovině
- D) Radiální přesazení v horizontální rovině

1.5.3 ZNAMÉNKOVÁ KONVENCE PRO USTAVOVÁNÍ

Pro přehlednost a rychlost je třeba stanovit znaménkovou konvenci, která bude respektována, aby nedocházelo k chybám a komunikačním bariérám. Nejpréhlednější bude vysvětlení pomocí obrázku 10.



Obrázek 10

1.5.4 STABILNÍ A NESTABILNÍ STROJE

Pokud bych chtěl ustavovat nestabilní stroj, záhy bych zjistil, že je to boj s větrnými mlýny. Velkou roli v tom, jestli bude stroj stabilní či nikoliv, hraje jeho stáří, jeho základy, základové rámy a problém tzv. měkké patky.

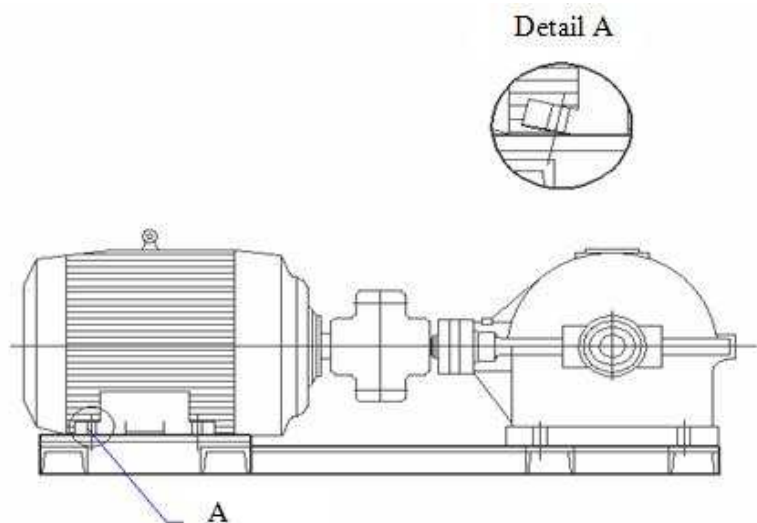
Základy stroje můžeme rozdělit na tuhé a plovoucí. Tuhé základy jsou převážně armované betonované do nemrznoucí hloubky. Stroj je k nim připevněn pomocí kotevních šroubů. Plovoucí základy spočívají v oddělení desky, na které je pevně připevněn stroj, od budovy (podlahy, stěny).

Základové rámy dělíme na odlévané a svařované.

V zásadě můžeme říci, že nestabilní stroj je tehdy, když je špatně proveden základ, nebo základový rám.

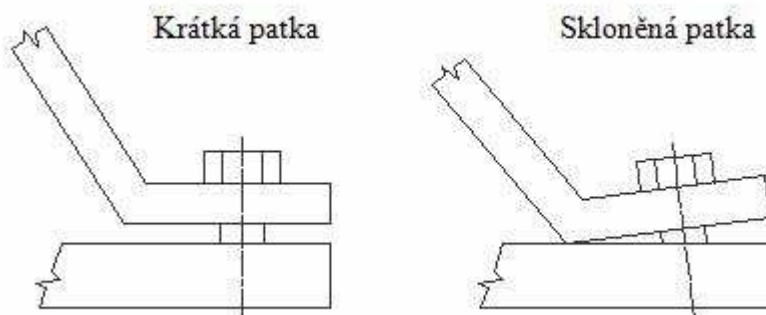
Měkkou patkou (obr. 11) označujeme stroj, který nemá dostatečnou kontaktní plochu s rámem či základem. Měkká patka vzniká při :

- nerovnoběžnosti dosedacích ploch
- teplotních deformacích
- alespoň jedna patka stroje nemá vůbec kontakt s rámem (základem)
- ustavování s nerovnoměrným podkládáním



Obrázek 11

Nejčastěji můžeme vidět tzv. „krátkou patku“ a tzv. „skloněnou patku“ viz. obr.12.



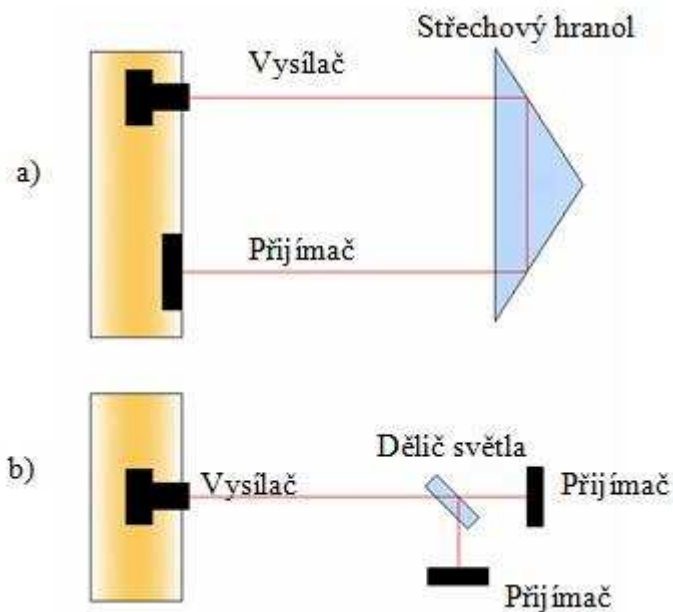
Obrázek 12

Maximální možný počet podložek pod patku jsou 4.

1.6 USTAVOVÁNÍ POMOCÍ LASERŮ

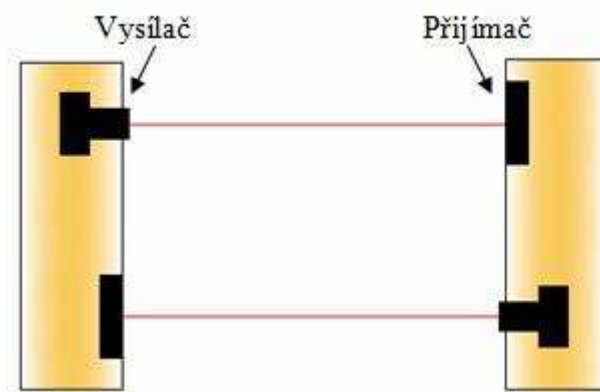
Existují dva základní systémy (obr. 13, 14):

1. S jedním laserem : tento systém měří horizontální i vertikální složky společně s úhlem současně. Je nutné spojení hřidelí a jejich současné otáčení.



Obrázek 13

- a) systém se střežovým hranolem
 - b) systém s děličem světla
2. Se dvěma lasery: jedná se o častěji se vyskytující variantu. Každá jednotka obsahuje vysílač a přijímač.



Obrázek 14

Každý systém se tedy skládá z vysílače (laser), přijímače (PSD detektor) a zobrazovací jednotky s příslušným softwarem.

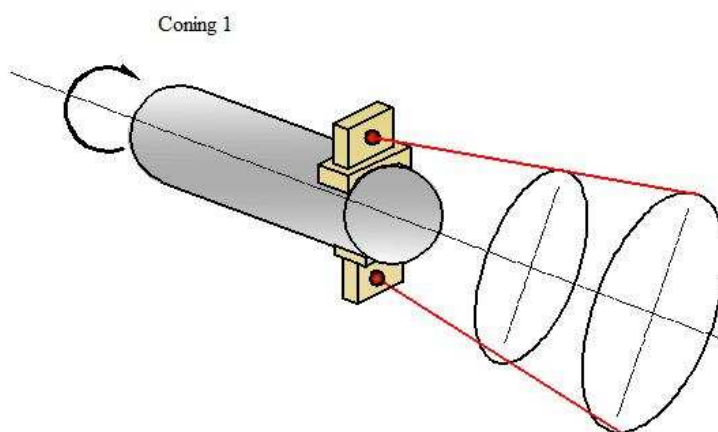
Výhody a nevýhody laserových systémů při ustavování :

- + u laserového paprsku nedochází k průhybu při měření a na delší vzdálenosti
- + velmi vysoká přesnost (3 μm)
- + výsledky měření jsou velmi přehledně zobrazeny na zobrazovací jednotce
- + široký záběr požití laserových systémů (nejen pro ustavování)
- vysoká pořizovací cena
- choulostivost na prostředí (ostré světlo, páry, teplo atd.)
- systém nerozpozná ohnutou hřídel

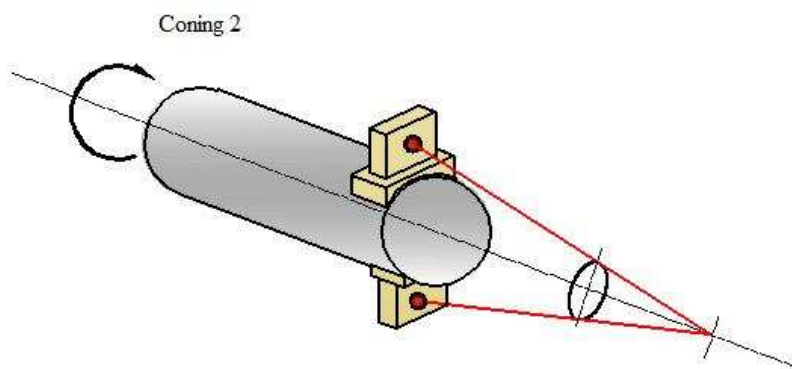
1.6.1 METODY USTAVOVÁNÍ POMOCÍ LASERŮ

1. Kuželová metoda (Coning)

Díky dokonalé přímce, kterou vytváří laserový paprsek, jsme schopni přenést osu rotace jakéhokoliv objektu i na velkou vzdálenost. Bude-li laser namontován na hřídel, tak jejím otáčením bude laser opisovat kužel. Pokud jej promítneme, laserový paprsek opíše v této rovině kružnici. Středem této kružnice je bod ležící na ose rotace. Pokud chceme zjistit směr osy rotace, je zapotřebí promítnout ještě jednu kružnici. Získáme dva body, které po spojení budou reprezentovat osu rotace. Této metodě říkáme coning 1 (obr.15). Pro ustanovování kardanových hřídelí se používá metoda coning 2 (obr. 16). Osa rotace prochází v určité vzdálenosti od čela hřídele jediným bodem.



Obrázek 15



Obrázek 16

2. Hodinová metoda

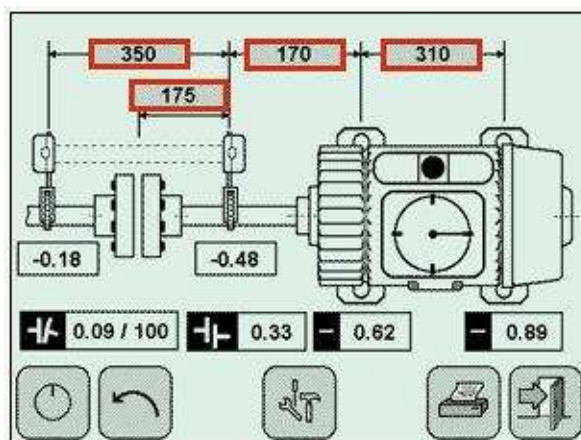
Při použití této metody mohou být hřídele rozpojeny, což ji předurčuje k ustavování kardanových hřídelí. Každý měřicí přístroj vyžaduje jiný postup průběhu měření. Základ je ale u všech stejný.

1. Připevním měřicí jednotky na hřídele a navolím v softwaru hodinovou metodu (obr. 17).



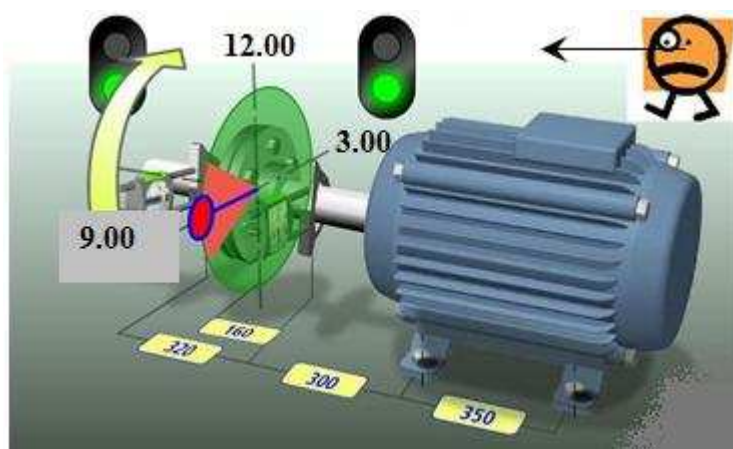
Obrázek 17

2. Zadáám rozměry, které po nás software žádá, viz. zadané rozměry na obrázku 18.



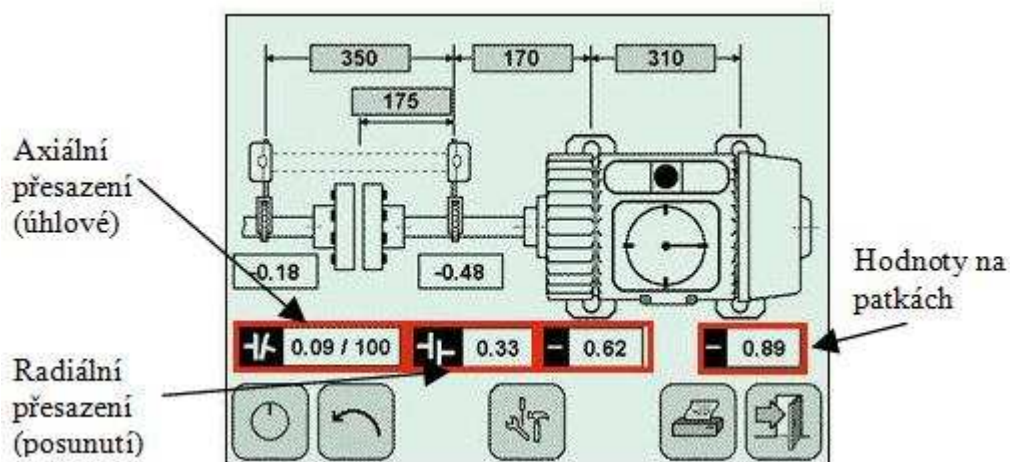
Obrázek 18

3. Dám jednotky na pozici 9.00 hodin. Při tomto úkonu nesmím zapomenout, že vždy stojím za pohyblivým strojem a dívám se na stroj stacionární (obr. 19).



Obrázek 19

4. Otáčím jednotkami na pozici 12.00 a poté 3.00 hodin.
5. Aplikační software vyhodnotí měření a graficky znázorní výsledky (obr. 20).



Obrázek 20

3. Metoda „TRIPOINT“

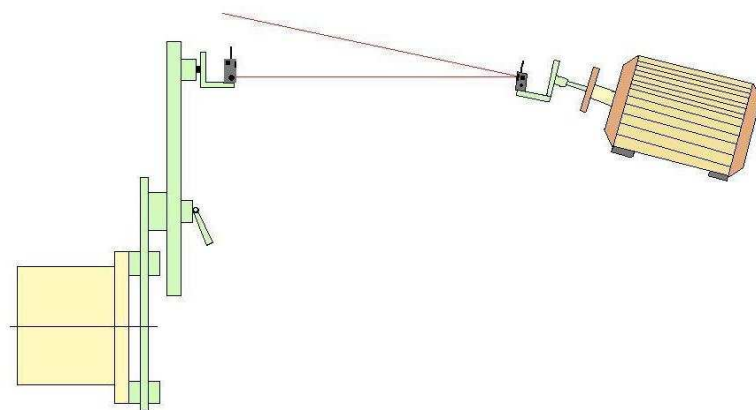
Metoda „TRIPOINT“ je založena na stejném principu jako metoda hodinová s malými rozdíly. Používá se tam, kde není možné otáčet hřídele v potřebném rozsahu hodinové metody a hřídele musí být pevně spojeny. V aplikačním softwaru navolíme metodu „TRIPOINT“. To

nám umožní měřit při otočení hřídelů o minimálně 20° . Samozřejmě čím větší úhel pootočení mezi třemi měřícími body bude, tím přesnější výsledek dostaneme.

1.6.2 USTAVOVÁNÍ KARDANOVÝCH HŘÍDELŮ

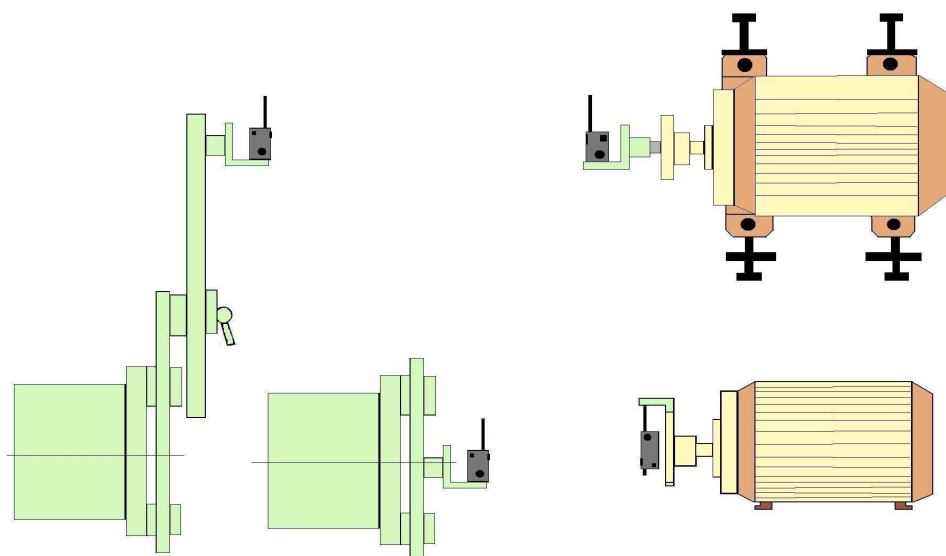
Pro správné uložení kardanových hřídelů a jejich bezproblémový chod je nejdůležitější, aby čela spojek, mezi které bude kardanová hřídel montována, byla zcela rovnoběžné. Používáme k tomu přípravky připevněné na spojky stacionárního i pohyblivého stroje. Ty umožňují pohyb detektorů (měřících jednotek) a tím zacílení laserového paprsku.

Na obrázcích 21 a 22 je zřetelně vidět, jak nám pomáhá přípravek při ustavování kardanových hřídelí.



Obrázek 21- Úhlová chyba mezi stacionárním a pohyblivým strojem.

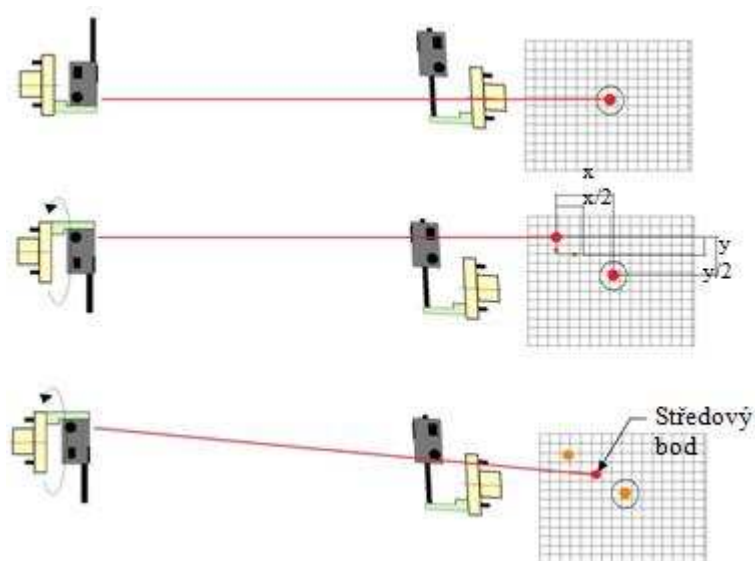
Přípravek instalujeme na spojky hnané a hnací strany pomocí podložek a šroubů. Což je velmi přehledně ukázáno na následujícím obrázku 22.



Obrázek 22

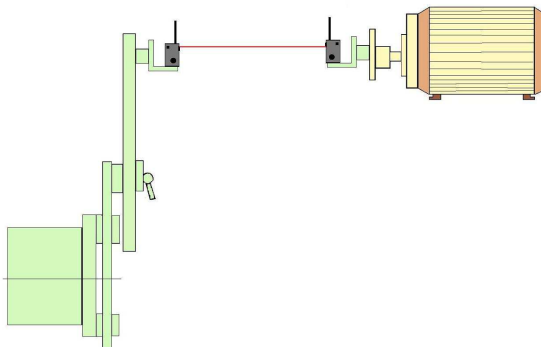
Postup ustavování :

1. Měřicí jednotku upevněnou na stacionárním stroji, dále jen TDS, budu otáčet o 180° . Získám dva body. Tyto dva body vytvoří úsečku, v jejímž středu najdeme bod osy rotace stacionárního stroje. Pomocí dostředných šroubů nastavím paprsek laseru do tohoto bodu (obr. 23).



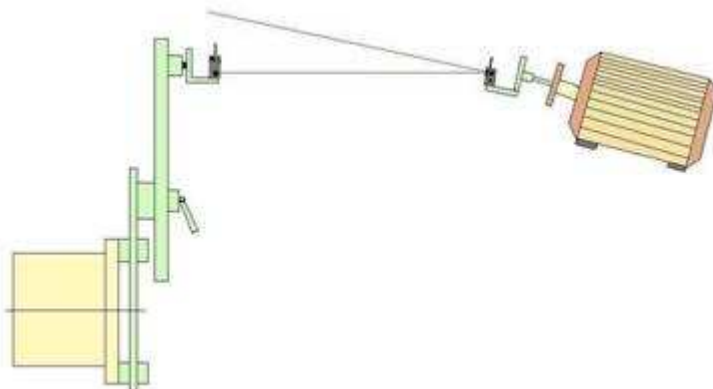
Obrázek 23

2. Nastavím rameno přípravku tak, aby paprsek TDS zasáhl střed terče na pohyblivé jednotce, dále jen TDM (obr. 24).



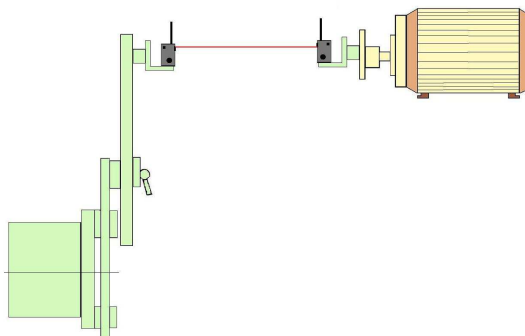
Obrázek 24

3. Otáčením jednotky TDM o 180° ustavím kužel (obr. 25).



Obrázek 25

4. Vyrovnám pohyblivý stroj, dokud paprsek v obou polohách nemíří do středu měřicí jednotky TDS (obr. 26). Kroky 1 až 4 nazývám hrubé ustavení.



Obrázek 26

5. Po hrubém ustavení následuje jemné ustavení. Je to použití hodinové metody, která už byla popsána dříve v 1.6.1.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

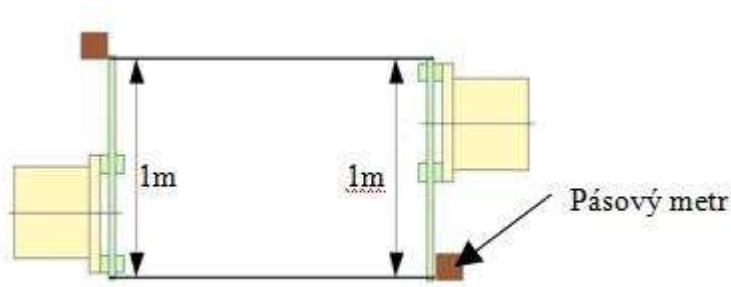
V dnešní moderní době je již ustavování strojů věnována patřičná pozornost. Výrobní společnosti k ní přistupují zodpovědněji. Velké výrobní společnosti si již plně uvědomují, že při „zbytečných“ poruchách způsobených špatným ustavením, například kardanového hřídele dochází k haváriím, odstávkám výroby a velkým finančním ztrátám jdoucím až do milionů korun českých. Takovým společnostem se vyplatí investice do systémů pro přesná měření a ustavování. Pořizovací náklady jsou velmi vysoké, ale pro získanou strojní spolehlivost se jejich koupě vyplatí, popřípadě mohou využít outsourcingu.

Dá se tedy říct, že pokud chceme mít excelentní produkci, musíme zajistit excelentní podmínky výroby. Do nichž neodmyslitelně spadá strojní spolehlivost, kterou bez určitých investic nejsme schopni zajistit. Ve finále bývá návratnost těchto investic brzká a vyplatí se nám.

2.1 NELASEROVÉ METODY USTAVOVÁNÍ

Dřívější metody ustavování kardanových hřídelí byly z dnešního pohledu strojní spolehlivosti nevyhovující. Nejčastěji jsme se setkávali s metodou „dám to tam od oka“. Hojně se taky používala metrová pravítka, která dávala již vcelku uspokojivou přesnost. Jednalo se o připevnění metrových pravítek na spojky mezi které bude vložen kardanový hřídel. Spojky i s pravítky jsme otočili do vodorovné polohy a změřili vzdálenost mezi konci metrových pravítek, totéž jsme provedli i v poloze svislé. Manipulací pohyblivého stroje jsme se snažili dosáhnout co nejmenšího rozdílu mezi vzdálenostmi konci pravítek (obr. 27).

Příklad: Pokud bude odečtený rozdíl hodnot naměřený na pásovém metru dle obr. 27 jeden milimetr, pak je tedy úhlová nesouosost $1\text{ mm} / 1\text{ m}$. To odpovídá $1\text{ mm} / 1000\text{ mm}$, což převedeme do nám známějšího tvaru $0,1\text{ mm} / 100\text{ mm}$.



Obrázek 27

2.2 LASEROVÉ METODY

Patří k moderním velmi přesným metodám ustavování kardanů. Podrobný popis, jak tyto metody fungují, je již uveden dříve 1.6. Jedná se o jednoduché a velmi přesné metody, které ve většině případů nahradily metody nelaserové.

2.3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Při dnešních požadavcích na výrobu a strojní spolehlivost jsou pro ustavování kardanů laserové systémy nepostradatelné. Dosahujeme jimi velkých přesností za velmi krátký čas. Samozřejmě v praxi mohou nastat situace, kdy použití laserových systémů bude nemožné, např. v místě měření bude pára, velmi prašno atd.. Za této situace musíme zvolit jinou z metod.

3 NÁVRH ŘEŠENÍ

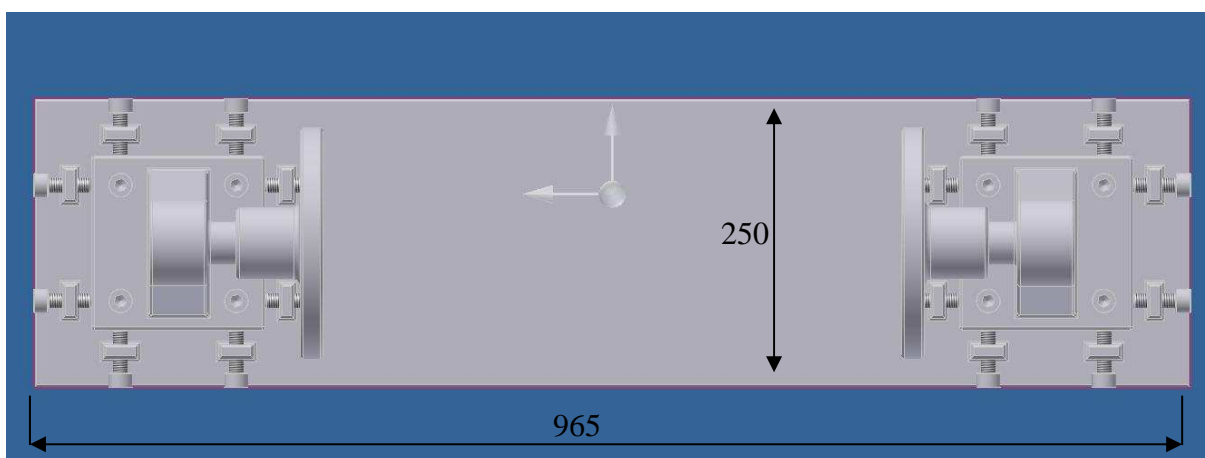
Z výše uvedeného závěru vyplývá, že tam, kde to půjde, využijeme laserových systémů pro ustavení kardanových hřídelů. Nepraktičtější bude, když po zakoupení ustavovací technologie založené na principu laserů nechá výrobní společnost vyškolit svého zaměstnance a ten pak své zkušenosti předá dalším zaměstnancům. Pro samotné ustavování kardanových hřídelů stačí jeden pracovník, který zvládne aplikační software a technologický

postup. Jedná-li se o velké kardanové hřídele délky několika metrů, doporučil bych minimálně dva pracovníky, aby se ustavování nestalo příliš zdoluhavým.

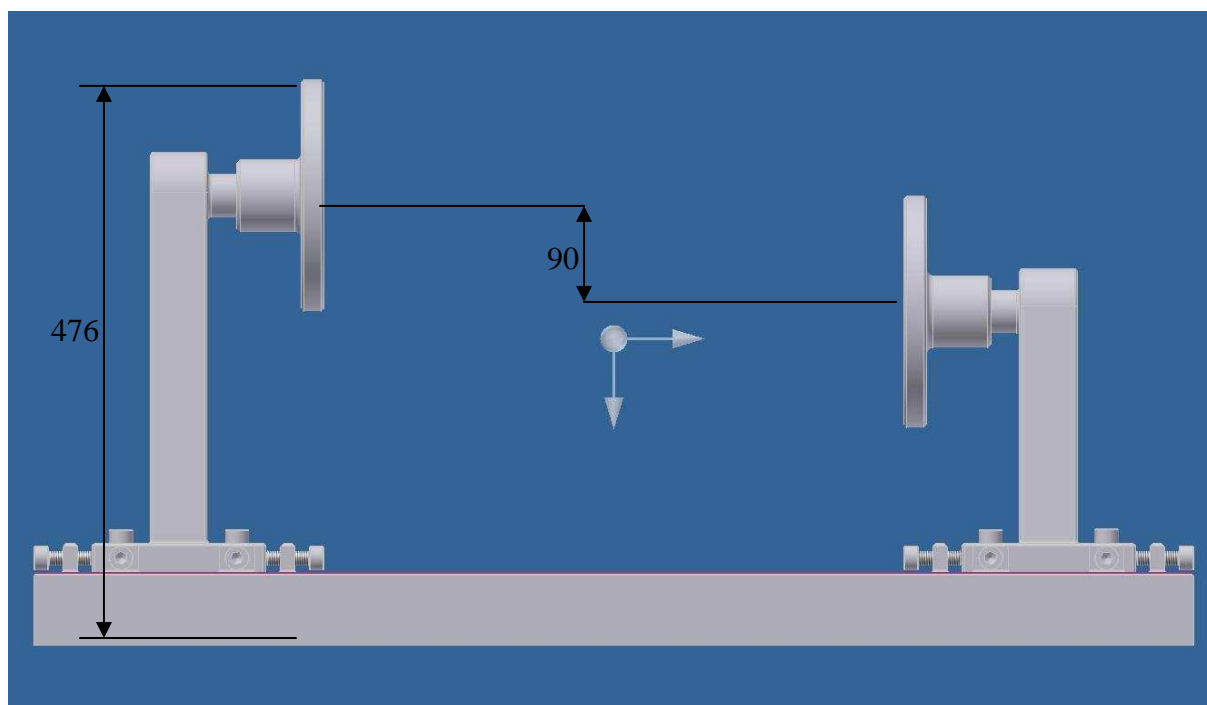
3.1 NÁVRH MODELU PRO SIMULACI USTAVOVÁNÍ KARDANU

Pro přesné a rychlé ustavování kardanových hřídelů je zapotřebí mít vyškolené pracovníky. Za tímto účelem jsem navrhnul podobu modelu, na kterém bude možno simulovat ustavování kardanových hřídelů. Model je velmi jednoduchý, ale pro daný účel postačující.

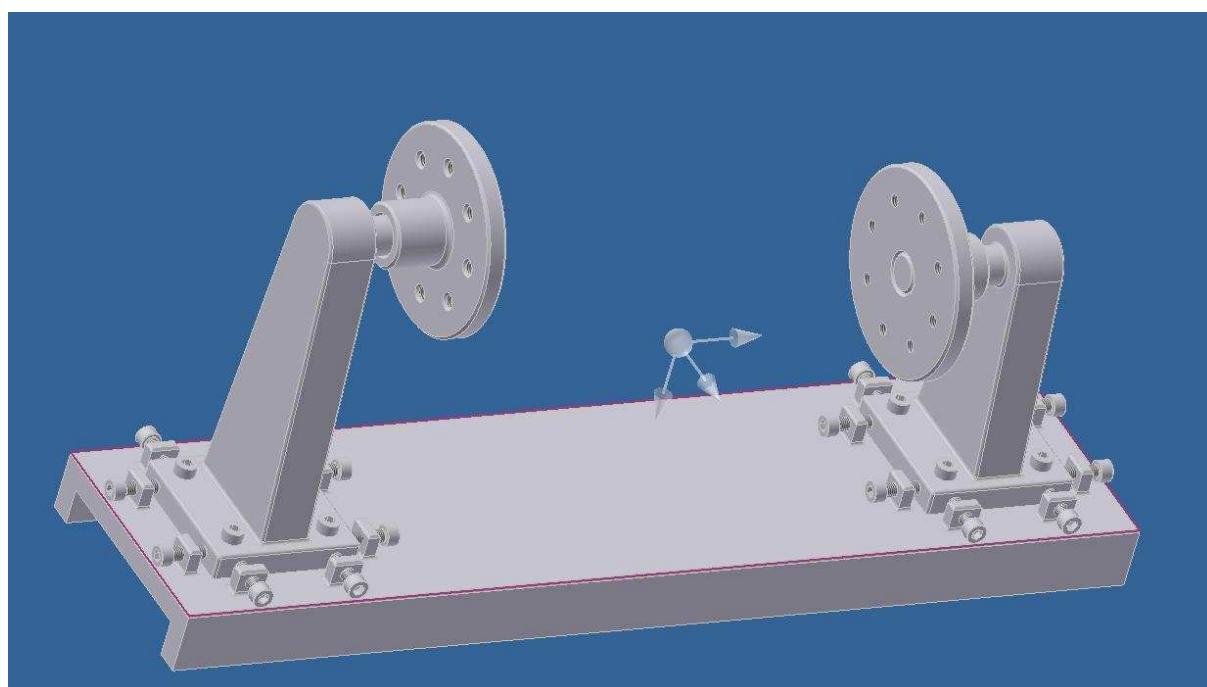
Na základové desce jsou připevněny dvě stojny se spojkou. Šroubové spojení těchto stojen se základovou deskou umožní potřebný pohyb při ustavování. Na modelu jsem zvolil přesazení spojek pouze ve vertikální rovině. Model je znázorněn na obrázcích 28 až 30.



Obrázek 28



Obrázek 29



Obrázek 30

3.2 NÁVRH PŘÍPRAVKU

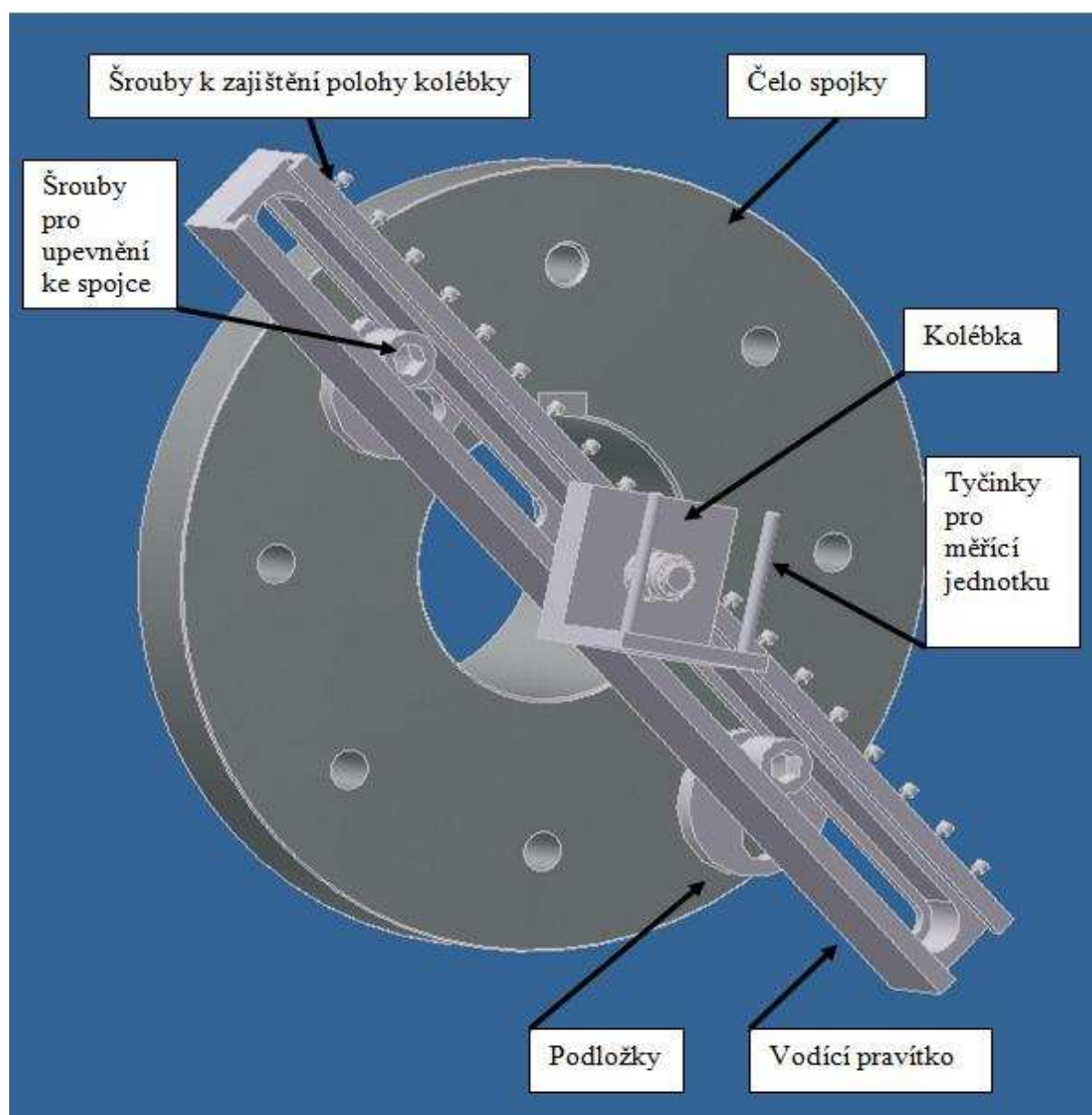
Přípravek k ustavování kardanových hřídelí musí být jednoduchý a účelný. Slouží k zajištění takové polohy měřících jednotek, ve kterých je možné provést měření. Přípravek bude uchycen ke spojkám šrouby. Mezi spojkou a přípravkem budou podložky. Jejich funkcí bude vyrovnat případné nerovnosti a hlavně zajistí, aby se přípravek neopřel o nějakou hranu (např. na čele spojky), což by mělo za následek zcela chybné ustavení. Ukázka uchycení přípravku přes podložky je na obr. 31.

Přípravek na čelo spojky nepohyblivého (stacionárního) stroje je na obr. 32. Na tyčinky kolébky nasuneme měřící jednotku a zajistíme ji proti pohybu. Z praktického důvodu jsem použil pouze dvou různých šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem. Proto je možné celou obsluhu přípravku provádět pouze dvěma šestihrannými (imbusovými) klíči.

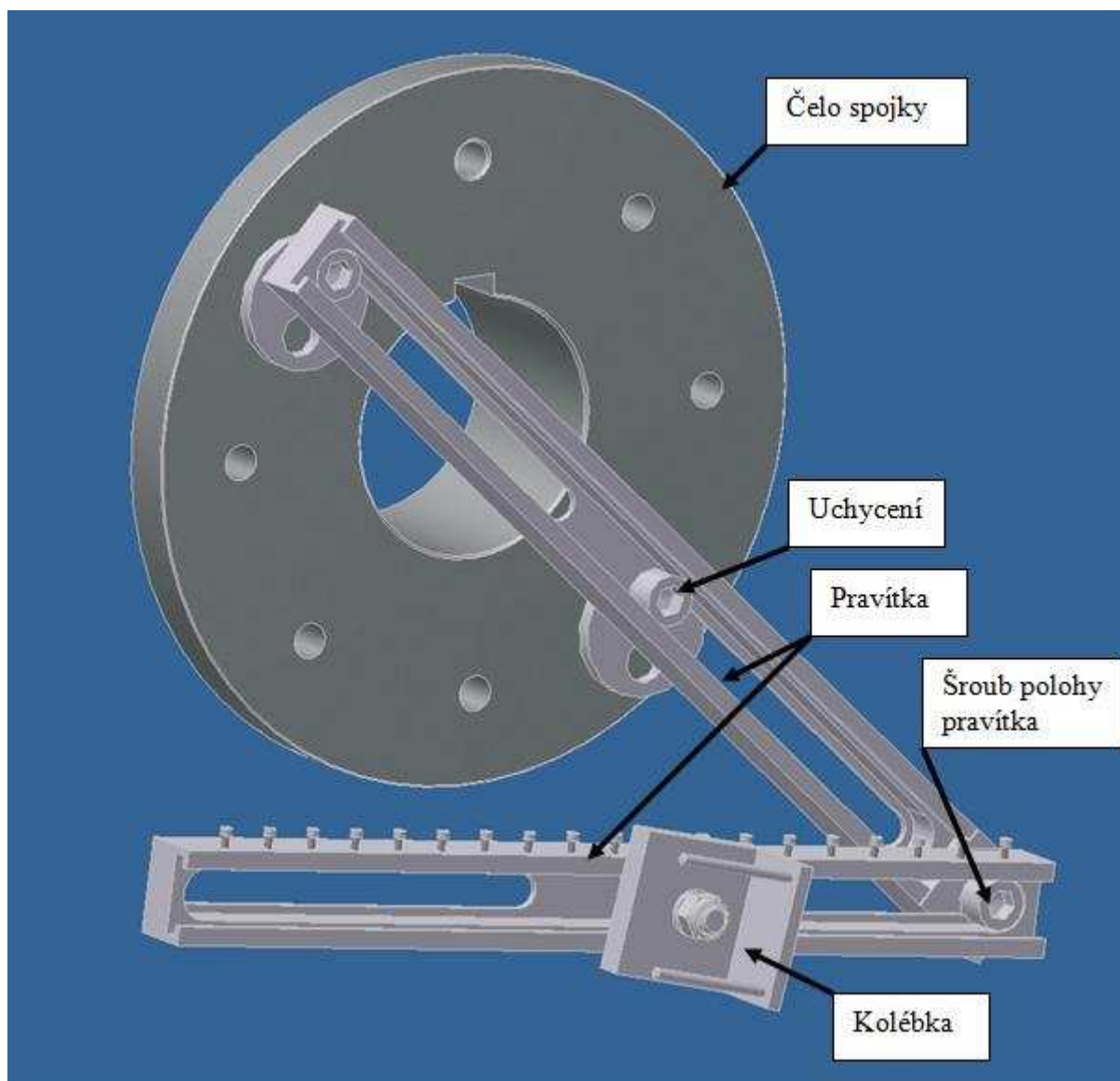
Přípravek na čelo pohyblivého stroje se liší pouze tím, že má dvě pravítka pro snadné získání požadované polohy měřící jednotky. Manipulace je s ním velmi jednoduchá. Pro pochopení postačí obr. 33.



Obrázek 31



Obrázek 32



Obrázek 33

3.3 METODIKA MĚŘENÍ

1. Jednu stojnu zvolím jako pevnou (stacionární) a dotáhnu šrouby. Na její spojku upevním přípravek (obr. 32) s laserovou jednotkou označenou písmenem **S**.
2. Na spojku druhé (pohyblivé) stojny upevním přípravek (obr. 33) s laserovou jednotkou označenou písmenem **M**.

3. Postupuji dle návodu pro ustavování kardanů v 1.6.2.

3.4 DÍLČÍ ZÁVĚR

Přípravek a model k simulaci ustavování kardanů jsem navrhl tak, aby byl přenosný, jednoduchý na výrobu a lehce použitelný. Není možné, aby věrně kopíroval situace za provozních podmínek, což není jeho účelem. Má sloužit pouze jako ukázkový příklad ustavování kardanových hřídelí za ideálních podmínek, a to také plnohodnotně splňuje.

4 METODIKA MOŽNÝCH LABORATORNÍCH ÚLOH

Simulaci ustavování kardanového hřídele na navrženém modelu je možné zpracovat také jako laboratorní úlohu. Jejím cílem by bylo osvojit si techniku ustavování, naučit se zacházet s laserovými systémy a poznat aplikační software.

4.1 ZADÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY

Ustav co možná nejpřesněji čela spojek na modelu (roviny jimi procházející musí být rovnoběžné), mezi kterými bude namontována kardanová hřídel. K ustavení použij laserovou techniku.

4.2 POSTUP MĚŘENÍ

1. Seznam se s modelem, měřícím přístrojem, přípravkem a metodikou ustavování.
2. Jednu ze stojen modelu urči jako nehybnou a dotáhni všechny šrouby. Na čelo spojky připevni přípravek s měřící jednotkou označenou jako **S**.

3. Na čelo druhé spojky připevni přípravek s měřicí jednotkou označenou jako **M** (tato stojna je pohyblivá).
4. Měřicí jednotky s přípravky ustav tak, aby lasery zasahovaly terče v poloze 9.00, 12.00 a 3.00 hodin (tomu říkáme hrubé ustavení).
5. Proveď měření hodinovou metodou.
6. Dle získaných hodnot z měření přidej podložky, dotáhni (povol) šrouby pohyblivé stojny jak je třeba.
7. Opakuj od bodu 5, dokud výsledné hodnoty nepřesnosti budou v mezích požadovaných tolerancí.
8. Zhodnot' průběh měření.

4.3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Tato velmi jednoduchá laboratorní úloha není náročná na prostory místnosti ani na výrobu modelu s přípravkem. Finančně nejnáročnější je pořízení laserového měřicího systému. Další možnost laboratorní úlohy by byla, kdy se model udělal rotační. Pak bychom mohli měřit vibrace před ustavením a po ustavení.

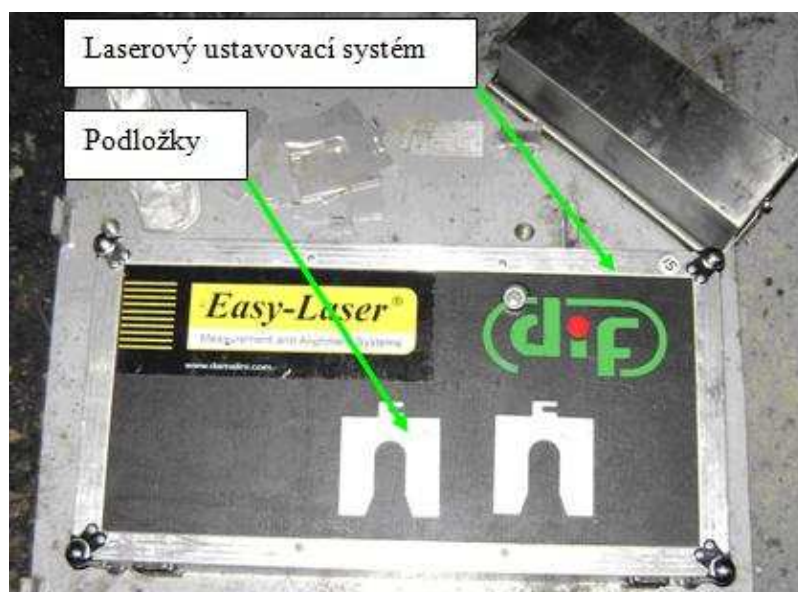
5 PRAKTICKÉ MĚŘENÍ

Praktické měření ustavování kardanových hřídelí bylo provedeno za pomoci firmy Dif, spol. s.r.o v Smurfit Kappa Czech s.r.o, závod Morava Paper. Úkolem bylo ustavit pohony a převodovky hnacího, sacího a převáděcího válce spolu s pohony egutéru a tamboru.

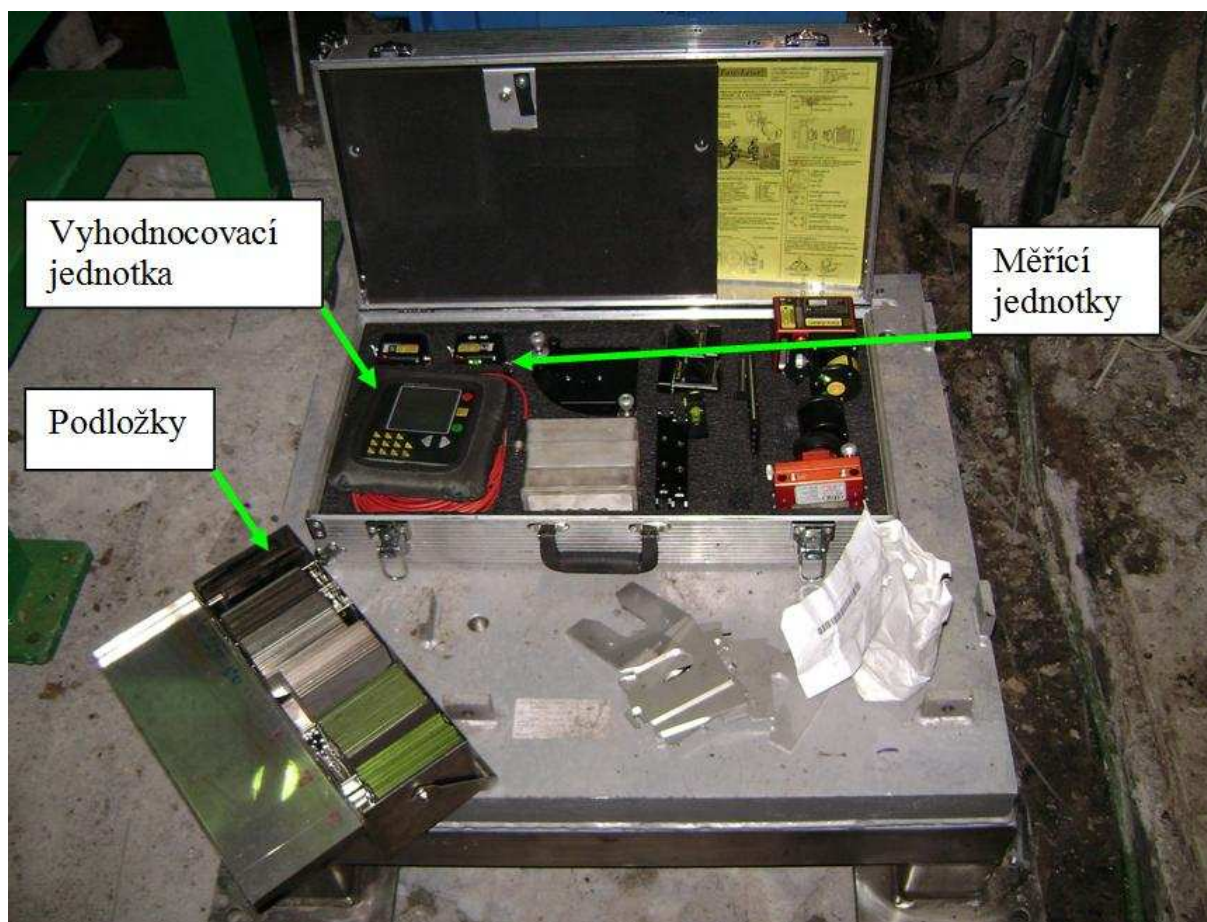
5.1 VSTUPNÍ PODMÍNKY MĚŘENÍ

Po výměně části papírenské výrobní linky bylo zapotřebí ustavit nové pohony válců. Firma dif s.r.o. za tímto účelem používá laserové měřicí zařízení společnosti EASY LASER

(obr. 34, 35), jejich přípravek na kterém firma dif s.r.o. provedla změny pro lepší kvalitu měření a nerezové podložky tloušťek 5 mm – 0,1 mm.



Obrázek 34



Obrázek 35

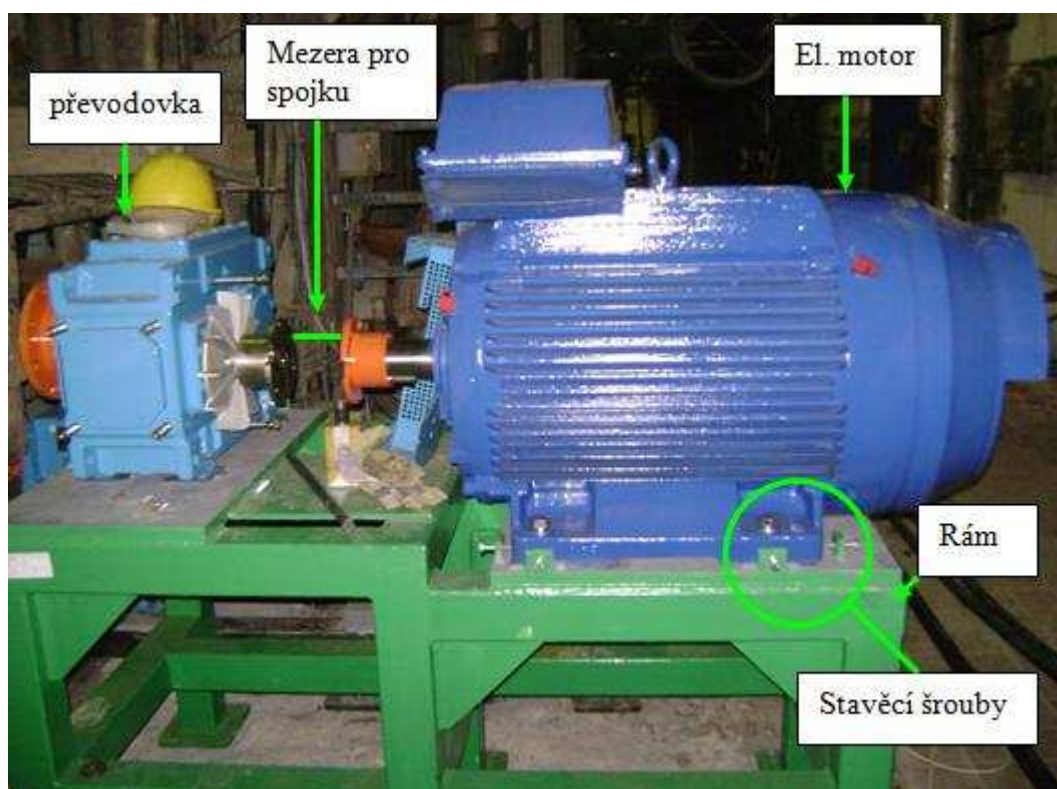
5.2 VLASTNÍ MĚŘENÍ

Před samotným utavováním kardanové hřídele (obr. 36) proběhlo ustavení hnacího elektromotoru s převodovkou na svařovaném rámu (obr. 37). Měřící jednotky jsme upevnili na hřídele elektromotoru a převodovky, ta byla zvolena jako nepohyblivý stroj pomocí řetězu (obr. 38). Hrubé ustavení se dělalo pomocí laserových měřících jednotek, kdy byly postupně natáčeny na 9.00, 12.00 a 3.00 hodiny. Pokud laserový paprsek zasáhl terčik protější jednotky ve všech třech polohách, pak nebylo třeba s pohyblivým strojem manipulovat a mohli jsme začít ustavovat tzv. na jemno. V aplikačním softwaru jsme zvolili hodinovou metodu. Hodinová metoda byla nutná, protože při utavování byl elektromotor s převodovkou rozpojen (při ustavování jsme museli neustále přeměřovat vzdálenost čel, mezi které přijde spojka, viz obr. 37). Po dokončení hodinové metody nám vyhodnocovací jednotka ukázala výsledné hodnoty i s grafickým znázorněním (obr. 39). Pomocí podložek a stavěcích šroubů jsme pohybovali motorem (byl zvolen jako pohyblivý stroj), abychom dosáhli žádané polohy. Je třeba myslet na to, že ustavujeme s přesností na 3 μm . Proto jsme museli před zahájením každého dalšího měření (po manipulaci s el. motorem např. přidání podložky) pořádně dotáhnout všechny šrouby. Po dokončení ustavování jsme výsledné hodnoty uložili, aby mohly být vytištěny a předány práci zadávající společnosti.



Obrázek 36

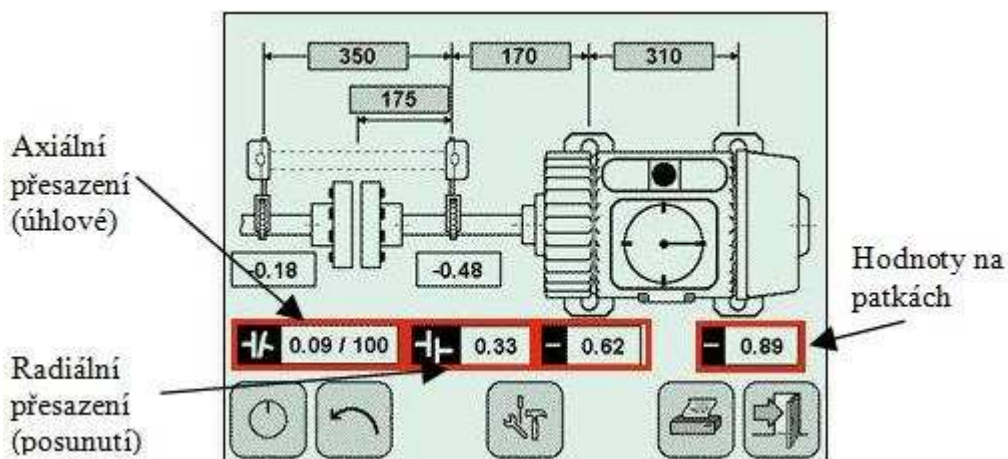




Obrázek 37



Obrázek 38



Obrázek 39

Takový postup jsme dodržovali i u všech ostatních převodovek a el. motorů. Rozdílné byly jen podmínky, za kterých se ustavovalo.

Po ustavení el. motoru s převodovkou jsme dotáhli všechny šrouby a začali se připravovat na ustavování čel spojek pro kardanovou hřídel. Celý systém je znázorněn na obrázku 40.



Obrázek 40

Pro ustavování kardanové hřídele byl vždy zvolen jako nepohyblivý stroj válec a jako pohyblivý stroj celý rám s el. motorem a převodovkou. Opět jsme museli po dobu celého ustavování kontrolovat mezeru mezi spojkami, aby se do ní kardanová hřídel vešla. Pohyb celým rámem byl v některých případech velmi složitý a představoval problém, jako např. u

převáděcího válce. Rám byl velmi vysoký (2,5 m) a mohutný, což velmi omezovalo manipulaci s ním (obr. 41).



Obrázek 41

Nejdříve jsme namontovali přípravek na nepohyblivý stroj (obr. 42) a pohyblivý stroj (obr. 43).



Obrázek 42



Obrázek 43

Měřící jednotky jsme umístili takovým způsobem, aby na sebe viděli (obr. 44).



Obrázek 44

Po upevnění přípravku bylo třeba najít středy rotace a pomocí dostředivých šroubů na tyto středy rotace zacílit laserový paprsek (viz. 1.6.2).

Hrubé ustavení proběhlo stejně jako u el. motoru s převodovkou (jediný rozdíl byl v tom, že jsme otáčeli pouze kolébky a ne celé hřídele). Kolébkami, na kterých jsou připevněny měřicí jednotky, bylo postupně natáčeno na 9.00, 12.00 a 3.00 hodiny. Pokud laserový paprsek zasáhl terčik protější jednotky ve všech třech polohách, pak nebylo třeba s pohyblivým strojem manipulovat a mohli jsme začít ustavovat tzv. na jemno.

Pro jemné ustavení jsme museli natavit na vyhodnocovací jednotce s aplikačním softwarem program pro ustavování kardanových hřídelů. Zadali jsme požadované rozměry a pokračovali hodinovou metodou. Hodinovou metodu jsme opakovali po každé manipulaci s rámem, dokud nebylo dosaženo žádané přesnosti ustavení.

Jakmile jsem rámy ustavil, byly zabetonovány (obr. 45).

5.3 DÍLČÍ ZÁVĚR

Ustavování kardanů je v praxi stejně jednoduché jako na modelu. Různé jsou okolní podmínky, kterým se musí dělník přizpůsobit. Já jsem se přesvědčil o tom, že i takto jednoduchý úkol může být velmi zdlouhavý. Samotné měření s vyhodnocením je rychlé, problémy nastaly, jakmile jsme měli hýbat s rámem. Došlo i na velká kladiva, hydraulické zvedáky a podobně. V jednom z případů jsme použili k ustavení metrová pravítka, protože přípravek nebylo možné dát do polohy, ve které by na sebe měřicí jednotky viděly.



Obrázek 45

ZÁVĚR

Celý proces ustavování kardanových hřídelů není nic složitého. Jedná se o to, aby čela spojek ležela v navzájem rovnoběžných rovinách. Pomocí laserových měřících přístrojů jsme schopni ustavovat velmi rychle a s obrovskou přesností.

Dá se říct, že ustavování na mnou navrženém modelu bude principiálně věrně kopírovat ustavování ve skutečné praxi. Samozřejmě každé měření v terénu bude jiné, ať už se bude jednat o čistotu pracoviště, množství prostoru k manipulaci se stroji atd.. Vzhledem k jednoduchosti by k vyškolení pracovníků stačilo zhotovit jednoduchý model, na kterém by byl celý proces názorně ukázán.

V dnešní moderní době je stále spousta firem a společností, které tuto problematiku podceňují, nebo neuvolňují dostatečné množství finančních prostředků k jejímu řešení. Samozřejmě pořizovací náklady laserové měřící techniky jsou vysoké, ale vyplatí se do nich investovat. Zajistí nám totiž provozní spolehlivost a s ní související věci, jako jsou např., minimální výskyt havárií, vyšší produkce, bezpečnější prostředí a nakonec značné finanční úspory. Já jsem se při svém měření setkal s velmi zodpovědným přístupem vedení k zvýšení provozní spolehlivosti.

Správné ustavení kardanové hřídele je neodmyslitelné pro její bezproblémový chod. Vezmu-li v úvahu, že samotné ustavení je velmi jednoduchý a většinou časově nenáročný zásah, pak se divím firmám, které jej podceňují a riskují odstávky v důsledku jejich poruch.

SEZNAM POŽITÝCH PRAMENŮ

- [1] FALC, Radim, HELEBRANT, František, HRABEC, Ladislav, ŠEREMETA, Ladislav. *Montážní a optická měření : LAS 01 – Ustavování strojů*. Bohumín : DTI – Ing. Radim Falc, 2007. 92 s.
- [2] FALC, Radim, SLABÝ, Václav. *Montážní a optická měření : LAS 02 – Ustavování strojů pro pokročilé*. Bohumín : DTI – Ing. Radim Falc, 2007. 54 s.
- [3] HELEBRANT, František, HRABEC, Ladislav, MAZALOVÁ, Jana. *Technická diagnostika a spolehlivost III : Ustavování strojů*. 2007. vyd. Ostrava : VŠB- TU Ostrava, 2007. 92 s. ISBN 978-80-248-1449-0.
- [4] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly : ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [5] DIDEROT, Denis, *CD-ROM Encyklopedie DIDEROT*. Praha, 2009.
- [6] URL:< www.easylaser.com >
- [7] URL:< www.fixturlaser.com >
- [8] URL:< <http://laser.navajo.cz/> >
- [9] URL:< <http://en.wikipedia.org/wiki/Laser> >
- [10] URL:< <http://www.oos.ARMV.cz/cos/cos/051636.pdf> >
- [11] URL:< http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_u315.pdf >
- [12] Katalogy firem : ML – TUNING, *Katalog kloubových hřídelí, katalog dílů.*, GKN DRIVELINE, *Uni – Cardan.*, VOITH, *High- performance universal point shafts.*, SPICER GELENKWELLENBAU, *Cardan Shafts for Industrial Applications*.

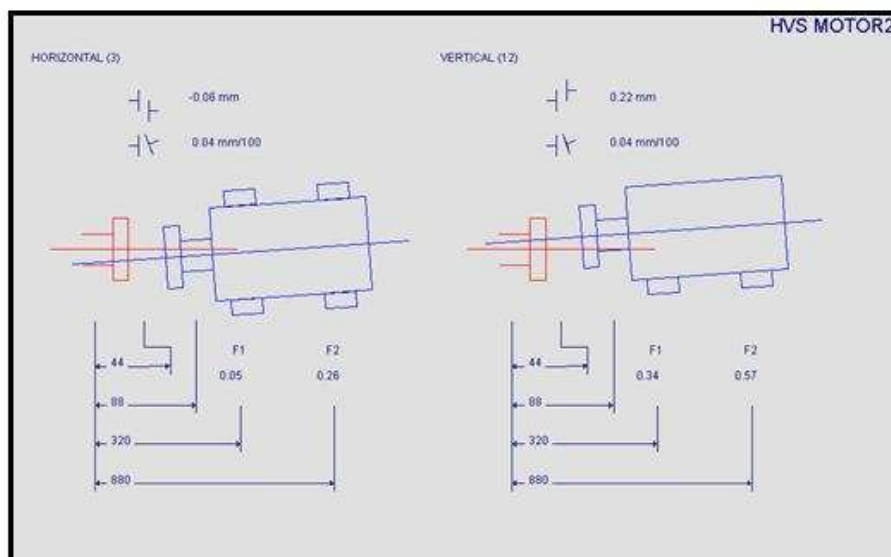
PŘÍLOHY

Protokoly o ustavení :

Pohon HVS – motor (převodovka – motor):

	Záznam měření Podnik: SmurfitKappa Stroj: pohon HVS	Číslo zakázky: Z_08076 Stran: 1 z 3
---	--	--

Zhotovitel:	<u>dif spol. s r.o. ul.1.máje 433, 735 31 Bohumín-Skrečoch</u>		
Objednatel:			
Objednávka číslo:	Zakázka Z_080		
Kontaktní osoba:	<u>Dušan Štencel</u>		
Měřicí zařízení:	<u>Damaliní</u>	Vyr.č.: 49793	EASY-LASER
	<u>Fixturlaser</u>	Vyr.č.: C-50470	COMBILASER
Druh měření, popis stroje:	Reklamační ustavení pohonu HVS		
Datum :	Měření:	Odesláno:	
Měřil:	Radim Falc		
Schválil:	Radim Falc		



Závěr:

Bylo provedeno ustavení pohonu HVS válce. Pohon je nyní správně ustaven. Bylo zjištěno volné upevnění „U“profilu v základu, doporučuji upevnit chem.kotvami min.4x.

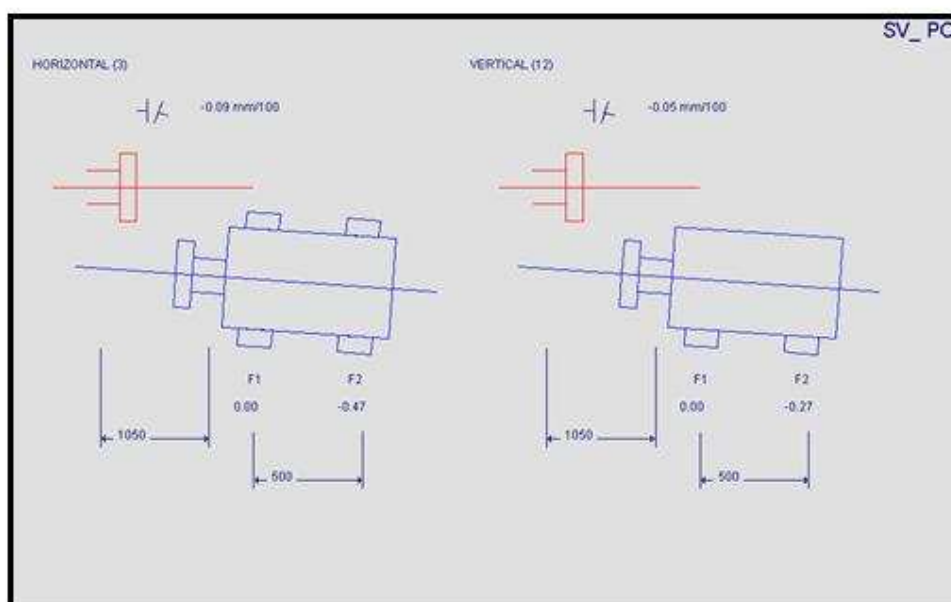
Doporučení:

PROVOZ

Pohon SV – kardan (válec – převodovka):

	Záznam měření Podnik: SmurfitKappa Stroj: pohon SV	Číslo zakázky: Z_08076 Stran: 2 z 3
---	---	--

Zhotovitel:	dif spol. s r.o. ul.1.máje 433, 735 31 Bohumín-Skřečoch		
Objednatel:			
Objednávka číslo:	Zakázka Z_080		
Kontaktní osoba:	Dušan Štencel		
Měřicí zařízení:	Darnalini	Výr.č.:49793	EASY-LASER
	Fixturlaser	Výr.č.: C-50470	COMBILASER
Druh měření, popis stroje:			
Datum :	Měření:	Odesláno:	
Měřil:	Radim Falc		
Schválil:	Radim Falc		

**Závěr:**

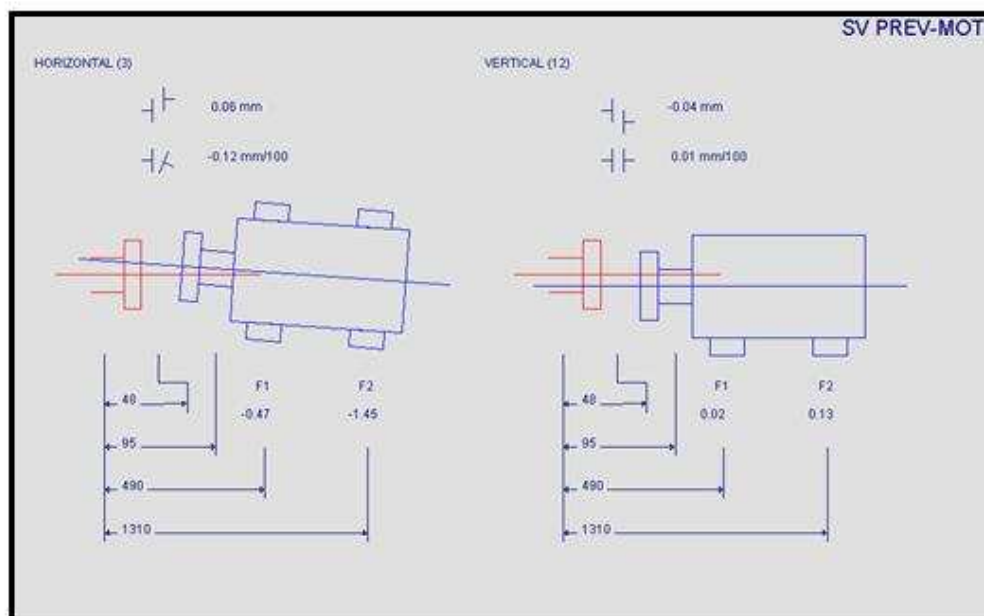
Byla ustavena poloha převodovky vůči válci. Převodovka je nyní správně ustavena. Úhlové nesouososti jsou -0,09/100mm a -0,05/100mm.

Doporučení:

PROVOZ

	Záznam měření Podnik: SmurfitKappa Stroj: pohon SV	Číslo zakázky: Z_08076 Stran: 3 z 3
---	---	--

Zhotovitel:	<u>dif spol. s r.o. ul.1.máje 433, 735 31 Bohumín-Skrečoch</u>		
Objednatel:			
Objednávka číslo:	<u>Zakázka Z_080</u>		
Kontaktní osoba:	<u>Dušan Stencel</u>		
Měřicí zařízení:	<u>Damalini</u>	<u>Výr.č.:49793</u>	<u>EASY-LASER</u>
	<u>Fixturlaser</u>	<u>Výr.č.: C-50470</u>	<u>COMBILASER</u>
Druh měření, popis stroje:			
Datum :	<u>Měření:</u>	<u>Odesláno:</u>	
Měřil:	<u>Radim Falc</u>		
Schválil:	<u>Radim Falc</u>		

**Závěr:**

Bylo provedeno ustavení souososti převodovka – motor. Hodnoty ustavenosti nyní odpovídají normám pro ustavení pohonů.

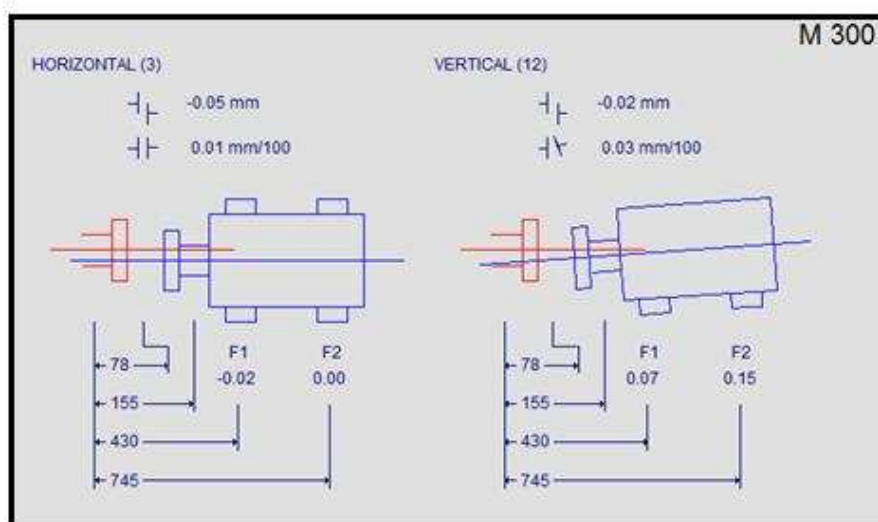
Doporučení:

PROVOZ

Motor M300

	<p align="center">Záznam měření</p> <p>Podnik: Smurfit Kappa Žimrovice</p> <p>Stroj: Pohon M300 – Tvářecí válec</p>	<p>Číslo zakázky: Z_09015</p> <p>Stran: 1 z 1</p>
---	--	--

Zhotovitel:	<u>dif spol. s r.o. ul.1.máje 433, 735 31 Bohumín-Skřečoch</u>		
Objednatel:	<u>Smurfit Kappa Žimrovice</u>		
Objednávka číslo:	<u>Zakázka Z_09015</u>		
Kontaktní osoba:	<u>Dušan Štencl</u>		
Měřicí zařízení:	<u>Damalini</u>	<u>Výr.č.:49793</u>	<u>EASY-LASER</u>
	<u>Fixturlaser</u>	<u>Výr.č.: C-50470</u>	<u>COMBILASER</u>
Druh měření, popis stroje:	Kontrola ustavení po výměně motoru M300		
Datum :	<u>Měření: 12.03.2009</u>	<u>Odesláno:16.03.2009</u>	
Měřil:	<u>Radim Falc, Miroslav Konečný</u>		
Schválil:	<u>Radim Falc</u>		

**Závěr:**

Byl ustaven motor Tvářecího válce, po jeho výměně, vzhledem k poloze převodovky v horizontálním směru – paralelní přesazení -0,05mm a úhlové 0,01/100mm, ve vertikálním směru – paralelní přesazení -0,02mm a úhlové 0,03/100mm. Motor je správně ustaven.

Doporučení:

PROVOZ

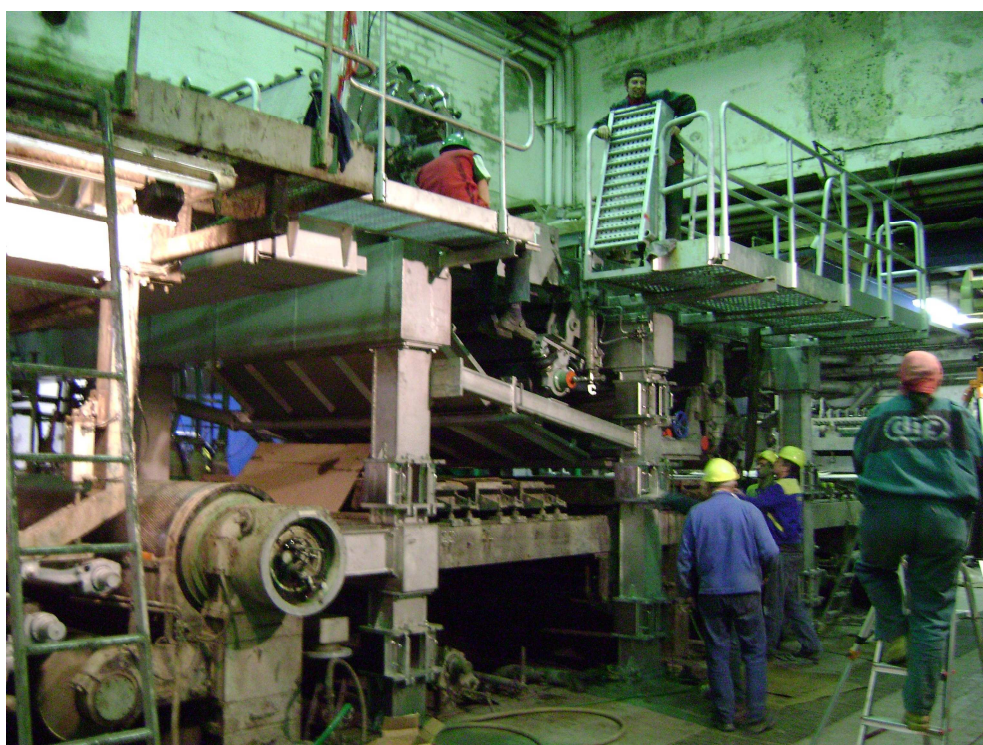
Ostatní fotografie :

Výměna části papírenské linky, na obr. 45.



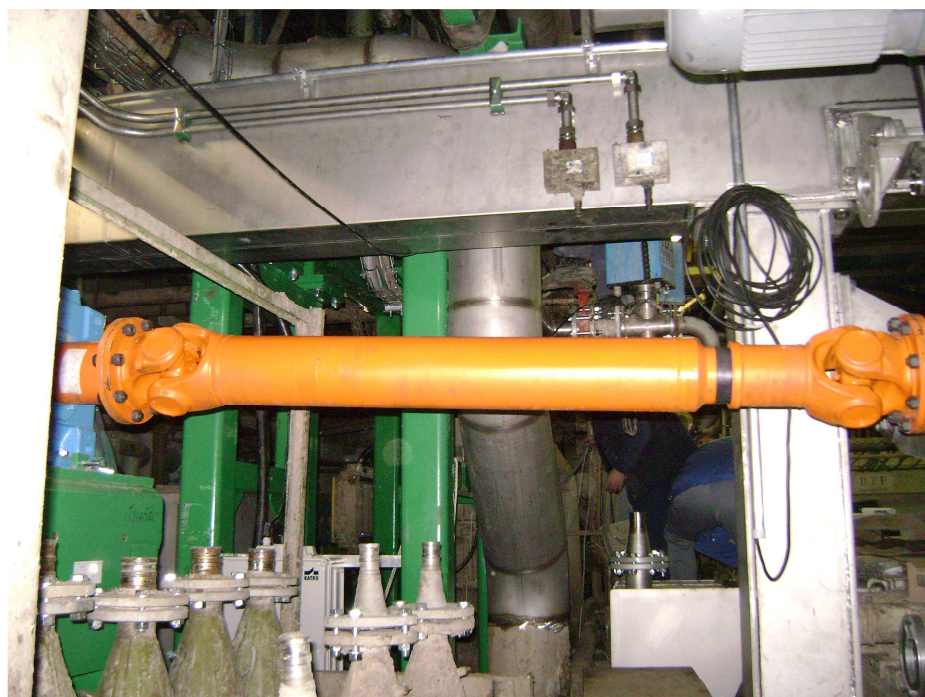
Obrázek 45

Již hotová výměna na obr. 46.



Obrázek 46

Montáž kardanu na obr. 47 a 48.



Obrázek 47, 48